Р 81/13 вып. 2

ИСТОРИЯ ТЕХНИКИ

ВЫПУСК II

ОНТИ · 1934

C
41517

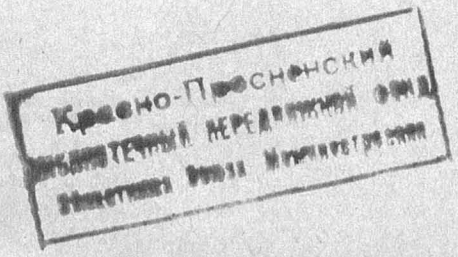
КОМИССИЯ МАРКСИСТСКОЙ ИСТОРИИ ТЕХНИКИ ПРИ КВТО ЦИК СССР

270/35 Р 81/13 6 И-90

ИСТОРИЯ ТЕХНИКИ

ВЫПУСК ВТОРОЙ

РЕДАКЦИОННАЯ КОЛЛЕГИЯ: АЛЕКСАНДРОВ А. Я., [illegible]
ГУРЕВИЧ Ш. И. (ОТВ. СЕКРЕТАРЬ), ЗВОРЫКИН А. А. (ЗАМ. ОТВ. РЕД.),
КОЛЬМАН Э. КРЖИЖАНОВСКИЙ Г. М. (ОТВ. РЕД.) РУБИНШТЕЙН М. И.
СОРОКИН М. Л., [illegible]



5530.

ОНТИ
ГОСУДАРСТВЕННОЕ ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
МОСКВА 1934 ЛЕНИНГРАД

Всесоюзная библиотека имени В. И. Ленина
Ф-57246-44
2 БП
2010515890

Редакция *А. А. Зворыкина* Оформление *В. Ф. Зазульской*

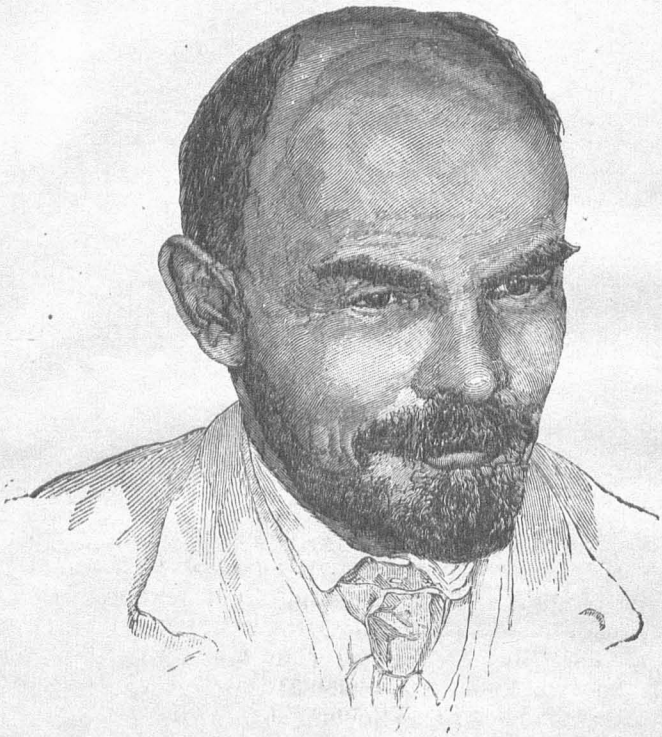
Коректура *А. Х. Артюховой* Выпускающий *Д. А. Липсе*

Сдано в производство 19/IV—1934 г. Подписано к печати 15/VIII—1934 г.

Печ. лист. $14^1/_2$+3 вклейки. Тираж 15 000. Формат $72 \times 110^1/_{16}$. Печ. знак. в листе 66 020

Заказ тип. 6158 ГТТИ № 65 Уполномоченный Главлита В-98438.

5-я типография Трансжелдориздата НКПС. Москва, Каланчевский тупик, д. 3/5.



В. И. ЛЕНИН
(1870 — 1924)

Ленин и техника

За 10 лет, пройденных без Ленина, но по ленинскому пути, пролетариат СССР одержал не одну грандиозную победу. «Героической борьбой рабочего класса уже за годы первой пятилетки построен фундамент социалистической экономики, разгромлен последний капиталистический класс — кулачество, а основные массы крестьянства — колхозники — стали прочной опорой советской власти в деревне. СССР окончательно укрепился на социалистическом пути» [1].

В основе этих исторических побед лежит учение Маркса, Энгельса, Ленина, Сталина, освещающее рабочему классу пути победоносной революции, пути к созданию социалистического общества.

Ленин продолжил дело Маркса в условиях новой исторической эпохи империализма и пролетарских революций, он охватил своим всеобъемлющим анализом не только социально-экономические и философские вопросы, но и область техники. Анализ развития техники—«история развития производительных органов общественного человека»—неотъемлемая составная часть учения Маркса и Ленина. Резюмирующую характеристику значения истории техники мы находим в знаменитом 89-м примечании к XIII главе I тома «Капитала». «Технология, — пишет Маркс,—раскрывает активное отношение человека к природе, непосредственный процесс производства его жизни, а следовательно, и общественных отношений его жизни и вытекающих из них духовных представлений» [2].

Ленин уделял исключительное внимание вопросам истории техники и промышленности. Он не ограничивался простым требованием создания «критической истории технологии», а затрагивал также как и Маркс самое существо технологических процессов, давая изумительные по значительности характеристики отдельных этапов развития техники. В философских своих тетрадях (IX и XII Ленинские сборники). Ленин оставил огромное количество высказываний по истории техники основанных на тщательном изучении трудов Гегеля, Маркса и Энгельса, а также современных естествоведов и техников: Даннемана, Фолькмана, Гааса, Дармштедтера и др.

Эти высказывания формально не объединены, но в них мы имеем законченную ленинскую концепцию по вопросам истории техники. «В последнем счете, — говорит Ленин, — в своих орудиях человек обладает силой над внешней природой», а познание действительности дает только «квинтэссенция той и другой истории [3] + история техники»[4].

Огромное значение, которое Ленин придавал технике и ее истории, ярче всего раскрывается в следующем его указании: «Продолжение дела Гегеля и Маркса должно состоять в диалектической обработке истории человеческой мысли, науки и техники» [5].

---

[1] Резолюция XVII съезда ВКП(б) по докладам тт. Молотова и Куйбышева.
[2] «Капитал», т. I, стр. 281, изд. 1931 г.
[3] Истории естествознания и истории философии.
[4] IX Ленинский сборник, стр. 143.
[5] Там же, стр. 121.

Как показали Маркс и Ленин, техника — решающее условие жизни и развития человеческого общества. Вот почему историю человеческого общества нельзя понять без истории развития производительных органов общественного человека — без истории техники. Вместе с тем систематический анализ вопросов естествознания и техники связан у Маркса и Ленина с разработкой и углублением материалистической диалектики — мировоззрения пролетариата. Именно Маркс поставил с головы на ноги представления идеалистической философии, показав, что основа, определяющая характер всех надстроек общества, есть способ материального процесса производства.

Вопрос о значении техники в формировании общественного сознания нашел свою дальнейшую разработку в трудах Ленина. В ленинской критике плехановского понимания проблемы познания, пожалуй, ярче всего показана огромная роль техники в развитии диалектического познания.

«Идея, т. е. и с т и н а, как процесс, ибо истина есть п р о ц е с с, — указывает Ленин, — проходит в своем р а з в и т и и три ступени: 1) жизнь; 2) процесс познания, включающий п р а к т и к у человека и т е х н и к у; 3) ступень абсолютной идеи (т. е. полной истины).

Жизнь рождает мозг. В мозгу человека отражается природа. Проверяя и применяя в практике своей и в технике правильность этих отражений, человек приходит к объективной истине» [1].

Ленинский этап в философии техники связан своими глубокими идейными корнями с учением основоположников марксизма и является его дальнейшим развитием и обогащением применительно к эпохе империализма и пролетарских революций. Отличительной чертой высказываний классиков марксизма о технике является необычайная их действенность и увязка с политическими задачами пролетариата.

«Учение Маркса всесильно, потому что оно верно, — говорит Ленин, — оно полно и стройно, давая людям цельное миросозерцание, непримиримое ни с каким суеверием, ни с какой реакцией, ни с какой защитой буржуазного гнета» [2].

Создавая свое учение, Маркс критически использовал все, что было уже дано во всех областях знания, а в том числе и в технике. Страницы его трудов раскрывают перед нами огромное количество фактического материала, подвергшегося анализу гениального мыслителя. Труды крупнейших математиков и техников, работы по технике текстильного производства, произведения историков химии, работы по вопросам приложения химии к промышленности и земледелию, капитальные описания сельскохозяйственных машин, статьи из лучших технических журналов и т. д. и т. п. выступают перед нами на страницах «Капитала».

Техника текстильного производства, его специфическая роль в условиях возникновения и развития крупной машинной индустрии, техника машиностроения, энергетики, транспорта, горного дела, химической промышленности, военного дела были глубоко изучены автором «Капитала». Примеры из всех отраслей производства, широко использованные Марксом, показывают нам, что он основательно изучил такие отрасли, как писчебумажное производство, металлургия, прокат, кузнечное дело, производство кокса, стекольное дело, хлебопечение, белильное и красильное дело, ситцепечатание, гончарное дело, портняжное и белошвейное дело, производство обоев и многие десятки других производств. Сотни разнообразнейших машин проанализированы Марксом в «Капитале». Можно документально доказать, что Маркс детально изучил работу таких машин, как сельфактор, тростильная машина, хлопкоочистительные машины, кардные машины, машины для переработки шерсти, машины для изготовления веретен и для производства берд, металлообрабатывающие станки, паровые молоты, машины для производства иголок, стальных перьев и много других.

В письме к Энгельсу от 24 января 1863 г. Маркс пишет: «Мне никогда не было ясно, в чем сельфакторы изменили процесс прядения, или, точнее, так как

[1] IX Ленинский сборник, стр. 219.
[2] Л е н и н, Соч., т. XVI, стр. 349.

применение пара уже давно было известно, в чем выражается вмешательство движущей силы прядильщика, помимо силы пара? Был бы рад, если бы ты мне это разъяснил» [1].

К этому же вопросу возвращается Маркс в письме от 28 января того же 1863 г. Можно привести ряд других доказательств, показывающих, как глубоко и конкретно изучал Маркс не только машинную индустрию в целом, но и отдельные машины. Мимоходом оброненное имя Уиллиса в письме от 28 января 1863 г. показывает, что Маркс слушал лекции этого крупнейшего английского машиноведа своего времени [2]. Тетради Маркса по технике, до сих пор не опубликованные ИМЭЛ, раскрывают нам изумительное богатство фактического материала, переработанного Марксом при подготовке его гениального труда.

Маркс подробно, шаг за шагом, выявил весь ход развития машин и сформулировал его в «Нищете философии» в сжатой, но исчерпывающей схеме: «простые орудия, собрания простых орудий; сложные орудия; приведение в действие сложного орудия одним двигателем—руками человека; приведение этих инструментов в действие силами природы; машина; система машин, имеющая один двигатель; система машин, имеющая автоматический двигатель — вот ход развития машин» [3].

Анализируя развитие машинного способа производства, Маркс блестяще предвидел и определил значение дальнейших путей развития техники—непрерывного потока, автоматизма и т. д. Он проследил революцию в производстве, вызванную созданием рабочих машин. Эту революцию завершил «его величество пар..., который все на свете перевернул вверх дном». Маркс с гениальной прозорливостью раскрыл также исключительное значение электричества, сделавшего при его жизни только первые шаги. Исторически Маркс еще не мог развернуть полностью весь комплекс вопросов об электричестве. Это сделал Ленин.

Непрерывно борясь против всех явных и скрытых попыток извратить учение Маркса, Ленин дополнил это учение раскрытием ряда новых сторон в развитии капиталистического общества и поднял его на новую ступень, соответствующую эпохе империализма и пролетарских революций.

Так же, как и Маркс, Ленин основал свою работу на изучении огромнейшего фактического материала из всех отраслей человеческого знания. Не ограничиваясь материалами истории, экономики, социологии, философии, статистики и т. д., Ленин, подобно Марксу, изучил значительное количество трудов по естествознанию, технике и их истории. Такие работы, как «Материализм и эмпириокритицизм», раскрывают нам лабораторию величайшего мыслителя, оперирующего в области естествознания и в частности физики уверенно и непоколебимо верно. Сотни книг по физике, по истории естествознания, в частности по истории механики, физики, биологии, физиологии и мн. др., изучил Ленин, создавая эту свою работу, направленную против идеалистических теорий в естествознании, беспощадно разбившую концепции таких крупных исследователей своего времени, как Мах, Оствальд, Гельмгольц и десятки других.

Списки литературных работ, упоминаемых Лениным, это — фактически перечень всего выдающегося и передового в литературе того времени. Так же, как и Маркс, Ленин широко и глубоко изучал технику, охватывая разнообразнейшие отрасли промышленности, земледелия и транспорта. Уже в одной из ранних работ, «Развитие капитализма в России», мы видим исключительное богатство материала, проработанного Лениным. Изучая развитие капитализма в России, Ленин дает яркие образцы состояния техники в отдельных отраслях производства, детально освещая некоторые технологические процессы машин и конструкции. Льномялки Руге, «псковские мяльные машины», различные текстильные машины, крахмальные барабаны, элеваторы, паровые двигатели, водяные мельницы, ветрянки, горно-заводская техника, сельскохозяйственные

[1] Соч. Маркса и Энгельса, т. XXIII, стр. 127.
[2] Там же, стр. 130.
[3] Там же, т. V, стр. 387.

машины, электроплуги проанализированы в этой работе. Десятки капитальнейших работ по всем отраслям знания положены в основу этого труда, созданного еще в конце XIX в. и неизменно сохраняющего свое значение крупнейшего теоретического и оперативного руководства.

Исключительно неблагоприятны были условия работы Маркса. Но в еще более тяжелых условиях работал Ленин, начавший в январе 1896 г. «Развитие капитализма в России»... в тюрьме[1]. Камера царского застенка была «ученым кабинетом» великого мыслителя. Сразу же после ареста он усиленно добивается получения в тюрьму необходимых ему книг. В первом письме из тюрьмы Ленин, запрашивая в скрытой форме о судьбе товарищей, развивает план своей научно-исследовательской работы и просит прислать ему книги. Письмо это, как свидетельствует А. И. Елизарова, было снабжено «длиннейшим списком научных книг». Анна Ильинична вспоминает: «Ворохами таскала я ему книги из библиотеки Вольно-экономического общества, Академии наук и других научных хранилищ»[2].

Огромное количество материалов перерабатывал Ленин и в дальнейшем, изучая развитие различных отраслей техники. Работы по аграрному вопросу показывают, как кропотливо и детально он изучал развитие сельскохозяйственных машин и их применение, намечая дальнейшие пути развития техники в сельском хозяйстве, отмечая исключительную роль электричества в земледелии. Позднейшие работы Ленина также раскрывают нам, как внимательно относился он к успехам техники и следил за новейшими открытиями и сдвигами в технике.

Основав свою работу на огромном фактическом материале, учтя весь опыт науки и техники, Ленин раскрыл сущность учения Маркса, показав, что Маркс «называет крупной машинной (фабричной) индустрией лишь определенную, именно высшую, ступень капитализма в промышленности. Основной и наиболее существенный признак этой стадии состоит в употреблении для производства системы машин»[3].

На ряде примеров Ленин показал, как переход к крупной машинной индустрии революционизирует не только технику, но и все общественные отношения: «Переход от мануфактуры к фабрике знаменует полный технический переворот, ниспровергающий веками нажитое ручное искусство мастера, а за этим техническим переворотом неизбежно идет самая крутая ломка общественных отношений производства...»[4].

Только на основе этого разграничения двух стадий—мануфактура и фабрика—возможно понять «преображающую, прогрессивную роль капитализма». Если до высшей стадии—крупной машинной индустрии — еще господствовало ручное производство и техника прогрессировала крайне медленно, то с переходом к этой высшей стадии начинается быстрое революционизирование техники.

Полемизируя с народниками, Ленин показал недопустимость постановки вопроса «о значении машины вообще». Этой реакционной постановке вопроса Ленин четко противопоставил теорию Маркса «об исторической роли машин в данном капиталистическом обществе». Так же, как Маркс разоблачил в свое время мелкобуржуазную сущность теории Прудона, Ленин разоблачил непонимание исторической роли машин всеми романтиками и народниками типа Сисмонди и Эфруси. Показав ошибочность их концепций, Ленин раскрыл действительную роль машин как фактора прогресса при капитализме[5].

Разоблачив реакционную сущность теории Сисмонди, пришедшего к «учению об «опасности» капитализма и капиталистического употребления машин», Ленин показал вздорность всех призывов этого романтика и идущих по его следам народников «задержать», «умерить», «регламентировать» рост капитализма.

---

[1] Ленин, Соч., т. III, стр. 557.
[2] Там же, стр. 559.
[3] Там же, стр. 353.
[4] Там же.
[5] Там же, т. II, стр. 50—56.

Этой критикой, сделанной еще на рубеже XX в., Ленин не в бровь, а в глаз бьет современных реакционеров, Шпенглеров, Дюамелей и других машиноборцев, под влиянием кризиса кликушески взывающих об обуздании технического прогресса и требующих его искусственного торможения.

В беседе с американской рабочей делегацией 9 сентября 1927 г. т. Сталин указал, что Ленин «развил дальше учение Маркса-Энгельса применительно к новым условиям развития, применительно к новой фазе капитализма, применительно к империализму... Заслуга Ленина и, стало быть, новое у Ленина состоит здесь в том, что он, опираясь на основные положения «Капитала», дал обоснованный марксистский анализ империализма, как последней фазы капитализма, вскрыв его язвы и условия его неизбежной гибели» [1].

С конца XIX в. капитализм вступил в высшую и последнюю стадию своего развития. Началась эпоха империализма, период монополистического, загнивающего капитализма. Безудержная, все усиливающаяся погоня за прибылью, конкурентная борьба и другие движущие силы капиталистического развития в огромной степени стимулировали дальнейший технический прогресс, подхлестываемый гонкой вооружений в связи с империалистическими войнами. Достаточно привести лишь краткий перечень крупнейших технических достижений, чтобы понять колоссальные успехи техники эпохи империализма и еще более колоссальные технические возможности, которые не в силах использовать капитализм.

Турбины мощных паровых и гидравлических электроцентралей в союзе с двигателем внутреннего сгорания разбили вековую монополию паровой поршневой машины. Плотины гидростанций перерезали величайшие реки, направив миллионы лошадиных сил на лопатки турбин. Линии высоковольтных передач разорвали замкнутые прежде в пределах отдельных фабрик стены энергопроизводства. Электричество пронизало все области техники, перестроило рабочие машины, доведя до изумительного совершенства автоматизацию их работы. В десятки и сотни раз быстрее завертелись рабочие органы машин.

Рост мощности машин, на основе концентрации монополистического производства, перестроил число и меру в технике, заменив в конечном итоге вольты киловольтами, киловатты мегаваттами.

Механизация и автоматизм, непрерывный поток, стандарты, нормали преобразовали лицо производства. Новое разрешение получила топливная проблема. Мощные нефтяные потоки потекли по сетям трубопроводов. Крекинг-процесс превратил бедную легкими фракциями нефть в богатейший источник легкого моторного топлива для многомиллионной армии двигателей внутреннего сгорания.

Бесчисленным множеством разветвлений разбежалась химия углеродистых соединений, сверкающая красками десятков тысяч синтетиков, выбрасываемых на рынок мировыми монополиями на службу войне и миру.

Химическая промышленность включила в хозяйственный оборот ряд новых видов ценнейшего сырья. Из глины родился металл будущего—алюминий. Десятки новых металлов вошли в производство, обеспечив создание ряда новых отраслей. Заполнены последние клетки менделеевской системы: молибден, вольфрам, ванадий и другие элементы изменили лицо стали, создавая сплавы сказочной твердости для резцов, работающих при белом калении в сверхмощных станках-автоматах.

Плавучие города-гиганты бороздят волны морей. Двигатели внутреннего сгорания открыли безрельсовые пути для механического транспорта (авто) и сделали возможной победу человека над воздухом. Трактор, комбайн, сотни сложнейших машин прокладывают себе путь в земледелии.

Стихийной разрозненной работе исследователей-одиночек монополистический капитал противопоставил мощные научно-исследовательские комбинаты-фабрики изобретений. Вызваны к жизни «инженеры для изобретений».

---

[1] Сталин, Вопросы ленинизма, 1932 г., стр. 263—264.

Но особенно ярко развернулся технический прогресс в «человекоубойной промышленности». Все достижения человеческого ума поставлены на службу создания сверхдальнобойных пушек, механизированного оружия, бомбометов и взрывчатых веществ неслыханной силы.

Смертоносными удушающими, отравляющими, слезоточивыми, нарывными газами может «гордиться» военная техника монополистического капитала. Созданы плавучие крепости, поглощающие десятки миллионов рублей при своем осуществлении и гибнущие от одного взрыва торпеды. Подводные крейсера, заградители, разведчики рыскают в глубинах океанских вод. Реют в воздушном просторе эскадрильи сеятелей смерти.

Таковы в общих чертах отдельные вершины в развитии техники империализма, скованной обострившимися при нем противоречиями. Развиваясь рывками, однобоко, технический процесс идет неизбежным для капитализма путем совмещения отсталых варварских форм с передовой техникой.

Анализ сложнейшей обстановки империализма, раскрытие всех противоречий загнивающего и умирающего капитализма—историческая заслуга Ленина.

Гигантские успехи техники в эпоху империализма были всегда в центре внимания Ленина. С живейшим интересом он откликался на все выдающиеся технические достижения, раскрывая революционную сущность техники. Об этом говорит гениальный анализ империализма, десятки статей об автопромышленности, подземной газификации угля, научной организации труда, Ламаншском туннеле и множество других.

Сравнить значение Ленина для развития техники и науки нельзя ни с кем в прошлом, кроме Маркса. Целиком можно отнести к Ленину слова Энгельса, произнесенные над могилой Маркса: «Наука была для Маркса исторически движущей, революционной силой. Какую бы живую радость ни доставляло ему каждое новое открытие в любой теоретической науке, о практическом применении которого пока еще не было и речи, его радость была совсем иной, когда дело шло об открытии, немедленно оказывающем революционное воздействие на промышленность, на историческое развитие вообще»[1].

Поднявши учение Маркса на высшую ступень, соответствующую эпохе империализма и пролетарских революций, Ленин показал специфику и пути развития техники империализма. Раскрывая законы развития империализма, Ленин изучал их для того, чтобы «революционизировать существующий мир», ибо, говоря словами Энгельса о Марксе, Ленин прежде всего был революционер. Только в этой связи Ленин изучал и мог изучать технику эпохи империализма.

Антагонистический характер технического развития, вскрытый Марксом, обусловленный основным противоречием капиталистической системы между общественным характером производства и частным характером присвоения, резко обострился в эпоху империализма. Переход к монополии, передел мира, создание мирового рынка и борьба за господствующее положение на этом рынке воспроизвели на расширенной основе и углубили все противоречия, неотъемлемые от капитализма. Эпоха господства «умирающего» и «загнивающего» капитала, эпоха империалистических войн, явившихся вместе с тем «кануном» социалистической революции, обострили борьбу между пролетариатом и буржуазией, между отдельными группировками финансового капитала, между господствующими странами и угнетенными колониальными народами. Империализм вызвал не только огромное усложнение всей обстановки, специфическое переплетение всех противоречий и новые формы классовой борьбы, но и обозначил необходимость усиленной подготовки пролетариата к непосредственному захвату власти.

В плане этих новых задач, неизмеримо усложненных по сравнению с предшествующей обстановкой, Ленин развернул свой анализ империализма, раскрывший нам сущность и движение технического прогресса этой эпохи.

---

[1] Энгельс, О Марксе и марксизме, стр. 37.

Ленин показал бессилие капитализма освоить развертывающиеся перед ним технические возможности. Анализ технических изобретений и открытий неизбежно приводил Ленина к выводу, что «техника капитализма с каждым днем все более и более п е р е р а с т а е т те общественные условия, которые осуждают трудящихся на наемное рабство» [1].

Изучая технику империализма, анализируя пути ее развития, Ленин всегда сосредоточивал свое внимание именно на тех ее достижениях, которые должны были лечь в основу материальной базы социализма. Разбирая книгу Джильбрета «Изучение движений», Ленин особенно останавливается на его высказывании о том, что «сейчас происходит «огромное расточительство» от разрозненных, повторных и так далее «исследований»....«Делом правительства Соединенных штатов является учреждение такого бюро стандартизации механических промыслов. Стандарты, там установленные и собранные, были бы общественной собственностью»... В связи с этим высказыванием Джильбрета Ленин пишет поистине пророческие для стандартизации слова: «прекрасный образец технического прогресса при капитализме к социализму»[2].

Изучив книгу Тейлора «Управление предприятием», Ленин подчеркивает, что система Тейлора, охватившая в то время в Америке «только 60 000 рабочих», при капитализме—«пытка или к у н с т ш т ю к»[3]. В специально посвященной этой теме статье Ленин дает исчерпывающую оценку системы Тейлора в капиталистических условиях.

«Система Тейлора—как и все прогрессы капитализма—соединяет в себе утонченное зверство буржуазной эксплоатации и ряд богатейших научных завоеваний» [4].

В дальнейшем Ленин неоднократно возвращается к системе Тейлора, конкретно показывая, как следует использовать при социализме заложенные в ней богатейшие научные основания.

Проанализировав, на основе учения Маркса, тенденции развития техники, Ленин показал, как империализм, не исключая, а на отдельных участках способствуя росту техники, все же усилил преграды на пути технического развития.

Самая глубокая экономическая основа империализма — монополия — неизбежно не только не устраняет, но и обостряет все противоречия его развития, создавая вместе с тем новые противоречия, специфические для монополистического капитализма. По самому своему существу, «как и всякая монополия, она порождает неизбежно стремление к застою и загниванию. Поскольку устанавливаются, хотя бы на время, монопольные цены, постольку исчезают до известной степени побудительные причины к техническому, а следовательно, и ко всякому другому прогрессу, движению вперед; постольку является, далее, э к о н о м и ч е с к а я возможность искусственно задерживать технический прогресс»[5].

Эпизод с бутылочной машиной Оуэнса, приведенный Лениным, стал классическим примером задержки технического развития. Но это только один пример из бесконечного множества аналогичных фактов, органически неотъемлемых от развития техники при монополистическом капитализме.

Патентные организации капиталистических стран могут привести объемистые реестры патентов, скупленных и омертвленных монополиями. В системе последних создаются даже специальные отделы с единственной функцией скупки и омертвления патентов.

Главный секретарь патентного бюро США Улард пишет: «Есть бесчисленное количество изобретений, которые, если бы их пустить в дело, могли бы значительно удешевить продукцию. Их умышленно задерживают, чтобы устранить конкуренцию. Концерны, пользующиеся старыми изобретениями, за которые

---

[1] Л е н и н, Соч., т. XVI, стр. 369.
[2] XXII Ленинский сборник, стр. 269.
[3] Там же, стр. 261.
[4] Л е н и н, Соч., т. XXII, стр. 454.
[5] Там же, т. XIX, стр. 151.

они в свое время дорого заплатили и для которых они приспособили свои заводы, скупают новые, более дешевые методы для того, чтобы помешать конкурентам воспользоваться ими, и прячут их всегда в свои сейфы».

Достаточно известно, что европейский алюминиевый картель омертвляет способ Хеглунда, при котором возможна замена бокситов глиноземом. Также общеизвестен факт покупки патентов Лилиенфельда английским и итальянским трестами производства искусственного шелка, похоронившими эти патенты в своих сейфах. Несколько лет тому назад был опубликован в газете коммунистической ячейки электротехнического концерна Сименса перечень ряда крупнейших изобретений, которые концерн вынужден был замолчать из-за боязни обесценить свой старый основной капитал. Анодные выпрямители, фотоэлементы и ряд других достижений, которые действительно могли произвести переворот во многих отраслях промышленности, оказались омертвленными.

Монополистический капитализм не ограничивается только скупкой и консервацией патентов; он сплошь и рядом душит уже начатые реализацией изобретения. Судьба изобретенного Бергиусом способа гидрирования угля и получения из него жидкого топлива — яркая иллюстрация этого положения. В результате вмешательства нефтяных монополий пути для получения искусственной нефти и ее фракций по способу Бергиуса, по крайней мере за пределами Германии, оказались по существу закрытыми. Борьба спичечного треста Крейгера с зажигательными приборами привела к фактическому омертвлению «вечной» (зажигающейся до тысячи раз) спички, изобретенной австрийским инженером Рингером.

Ученые лакеи капитализма не останавливаются перед тем, чтобы «научно» обосновать нереальность, даже невозможность любых изобретений, кроме тех, которые реализованы их хозяевами. Вспомним хотя бы, как ученый соратник Цейсса Аббе теоретически «доказывал» невозможность создать более совершенные микроскопы, чем микроскопы фирмы Цейсс. В связи с этим вспомним судьбу предложения Поповицкого о замене линз фотоаппаратов сферическими зеркалами, в свое время задушенного монополиями.

Нельзя не отметить здесь того обстоятельства, что монополии всячески замалчивают омертвленные ими изобретения. Только отдельные факты этого порядка получили известность. Раскрытие тайников монополии с приходом к власти пролетариата обнаружит полностью все богатство передовой технической мысли, скованной монополиями. Имеются, например, сведения, что существуют достаточно рентабельные способы получения прямого железа, патенты на которые куплены и спрятаны металлургическими концернами Германии и Франции. Этот факт подтверждается тем, что построенный в Бохуме завод для получения прямого железа (рассчитан на производство 20 тыс. тонн в год) прекратил свою деятельность, несмотря на то, что по утверждению немецких металлургических журналов бохумская установка была экономически выгодной.

Ленин конкретно показал, что загнивание отнюдь не исключает роста капитализма.

«Было бы ошибкой думать, — говорит Ленин, — что эта тенденция к загниванию исключает быстрый рост капитализма; нет, отдельные отрасли промышленности, отдельные слои буржуазии, отдельные страны проявляют в эпоху империализма с большей или меньшей силой то одну, то другую из этих тенденций. В целом капиализм неизмеримо быстрее, чем прежде, растет, но этот рост не только становится вообще более неравномерным, но неравномерность проявляется также, в частности, в загнивании самых сильных капиталом стран (Англия)»[1].

Учение Ленина о технике, развитое т. Сталиным, раскрывает нам подлинное существо технического прогресса при капитализме, лихорадочно пульсирующем от кризисов к депрессии и «блестящим» расцветам, чтобы затем скатиться в еще более глубокую пропасть кризисов.

---

[1] Ленин, Соч., т. XIX, стр. 172.

«Капиталистическое производство, — писал Ленин, — развивается скачками и порывами. То «блестящий» расцвет промышленности, то крах, кризис, безработица» [1]. Неизбежность этого положения с исчерпывающей полнотой продемонстрировал Ленин на автомобильной промышленности:

«Пример «модной» промышленности, которая развивается теперь особенно быстро, идя на всех парах к краху — это автомобильная промышленность...».

«При капиталистической организации народного хозяйства автомобили являются достоянием только самого узкого круга богатых людей. Промышленность м о г л а б ы поставлять сотни тысяч автомобилей, но нищета м а с с ы народа задерживает развитие и вызывает крахи после нескольких лет «блестящего» роста...».

«Между прочим. Автомобильное дело, при обслуживании большинства населения, имеет громадное значение, ибо общество объединенных рабочих заменит автомобилями очень большое количество рабочего скота в земледелии и в извозной промышленности»[2].

Прогноз Ленина, сделанный еще на заре развития автопромышленности, полностью подтверждается всем дальнейшим развитием этой отрасли, первой попавшей под удар кризиса и особенно жестоко пораженной им.

В автомобильной промышленности нашли свое наиболее полное выражение принципы поточного производства, автоматизации и т. д., основанные в капиталистических условиях на беспощадном «выжимании пота по всем правилам капиталистической науки». Отдельные автомобильные короли гордились сотнями тысяч выпускаемых ими автомашин, воплотивших в себе высший опыт техники и науки. И в конечном итоге все технические достижения этой отрасли промышленности переросли в свою противоположность. Это лучше всего иллюстрируется созданием сложнейших автоматов для разрушения тех же автомобилей. Форд вправе «гордиться» изобретенным и примененным на его заводах прессом-гигантом, в $2^1/_2$ минуты превращающим автомашину в лепешку... Но Форду приходится «гордиться» и тем, что он же нашел также и обратный переход от крупнейшей в мире машинной индустрии, насыщенной автоматами..., к капиталистической работе на дому.

Написанные более 20 лет тому назад слова Ленина об автопромышленности звучат современно и злободневно и в наши дни. Так же звучат и слова Ленина об огромном значении автомобильного дела в «обществе объединенных рабочих». Пролетариат СССР уже реализовал завет своего вождя, создав под руководством партии и т. Сталина неслыханно быстрыми темпами мировые гиганты автомобильной промышленности в Горьком, Москве, Ярославле и величайшие в мире тракторные заводы в Челябинске, Сталинграде, Харькове.

Развивая ленинское учение о неравномерности развития техники в капиталистических странах, т. Сталин показал, что даже при наибольших ударах кризиса нет и не может быть полной остановки развития техники в капиталистическом производстве. В некоторых же его специфических звеньях наибольшее развитие возможно именно в условиях кризиса. Такой отраслью является военная промышленность, как об этом говорил на XVI съезде партии т. Сталин:

«... Есть одна отрасль, которая не захвачена кризисом. Эта отрасль — военная промышленность. Она все время растет, несмотря на кризис. Буржуазные государства бешено вооружаются и перевооружаются» [3].

Более ярко, чем когда-либо, подтверждает эти слова т. Сталина конъюнктура мирового хозяйства начала 1934 г., когда развитие военной техники открыто поставлено как основная задача в капиталистических странах, подошедших к новому туру империалистических войн.

XIII пленум ИККИ показал, что это обострение экономической войны империалистов и обострение всех международных противоречий капитализма означает «канун новой империалистической войны».

[1] Л е н и н, Соч., т. XVI, стр. 537.
[2] Там же.
[3] XVI съезд ВКП(б). Стенографический отчет, 1931, стр. 21.

Однако и в годы «процветания», в годы относительной стабилизации, при всех успехах техники капитализм бессилен использовать все возможности техники до конца.

«...усиленно быстрый рост техники, — писал Ленин, — несет с собой все больше элементов несоответствия между различными сторонами народного хозяйства, хаотичности, кризисов» [1].

И он блестяще иллюстрировал эти положения рядом примеров из самых различных отраслей техники, особенно ярко раскрыв их в своем анализе проблемы электрификации при капитализме и при социализме. Ленин показал, что основное направление электрификации — «электрификация всей страны» — находится в непримиримом противоречии с капитализмом.

В замечаниях «О тезисах по аграрному вопросу французской коммунистической партии» Ленин писал о том, «что современная передовая техника настоятельно требует электрификации всей страны — и ряда соседних стран — по одному плану; что такая работа вполне осуществима в настоящее время; что больше всего выиграло бы от нее сельское хозяйство и в особенности крестьянство; что пока остается капитализм и частная собственность на средства производства, электрификация целой страны и ряда стран, во-первых, не может быть быстрой и планомерной; во-вторых, не может быть проведена в пользу рабочих и крестьян. При капитализме электрификация неминуемо поведет к усилению гнета крупных банков и над рабочими и над крестьянами» [2].

Каждое слово этого отрывка нашло тысячи подтверждений во всем последующем развитии капиталистического общества. Передовая в технико-экономическом отношении страна — США — дала наиболее яркие образцы противоречий капиталистической электрификации, показала образцы ее грабительского характера, обнаруженного выступлениями представителей враждующих монополистических групп.

Провал всех попыток подойти к созданию единых систем высоковольтных электропередач в пределах капиталистических стран — проекты Оскара Мюллера, Оливена, Шенгольцера, Вьоля и др. — является лучшим подтверждением тезисов, развитых Лениным.

Здесь нельзя не подчеркнуть совпадения приведенных положений Ленина со взглядами Маркса и Энгельса на судьбы электрификации, нашедшими наиболее яркое выражение в известном письме Энгельса к Бернштейну, написанном в 1883 г.[3]. В этом письме Энгельс писал «о новейшем открытии Депре, что электрические токи очень высокого напряжения... могут передаваться... на неслыханные до сих пор расстояния», указывая, что «производительные силы при этом примут такие размеры, при которых они перерастут руководство буржуазии».

Это письмо Энгельса было опубликовано только через несколько лет (1928 г.) после смерти Ленина, не знавшего его, но почти теми же словами говорившего еще в начале XX в. о перерастании техникой капитализма капиталистических производственных отношений. Яркий пример бессилия буржуазии использовать реальные технические возможности дал Ленин в статье, написанной в 1913 г. в связи с обсуждением проектов туннеля под Ламаншем.

В этой работе Ленин показал, что «капиталистическое варварство сильнее всякой цивилизации». Как известно, между Лондоном и Парижем расстояние составляет 8—9 час. пути. Торговые и пассажирские перевозки столь велики, что даже авиация не смягчает нужды в прямом беспересадочном сообщении. Кроме того, и условия эксплоатации не во все времена года одинаковы.

«И вот, — говорит Ленин, — самые богатые, самые цивилизованные, самые свободные государства в мире со страхом и трепетом обсуждают теперь — далеко,

---

[1] Ленин, Соч., т. XIX, стр. 92.
[2] Там же, т. XXVII, стр. 106.
[3] Архив Маркса и Энгельса, т. I, стр. 342.

далеко не в первый раз! — «трудный» вопрос: можно ли прорыть туннель под Ламаншем (морской пролив, отделяющий Англию от европейского материка)?»

«Инженеры давным-давно рассчитали, что можно. Денег у капиталистов Англии и Франции — горы. Прибыль на капитал, вложенный в это дело, обеспечена безусловно...».

«...Но цивилизованные народы загнали себя в положение варваров. Капитализм сделал то, что буржуазии для надувания рабочих надо пугать народ в Англии идиотскими сказками о «нашествии». Капитализм сделал то, что целый ряд капиталистов, которые потеряют «доходные делишки» от прорытия туннеля, из кожи лезут, чтобы провалить этот план и затормозить технический прогресс.

Боязнь туннеля у англичан есть боязнь самих себя. Капиталистическое варварство сильнее всякой цивилизации»[1].

Через 20 лет, прошедших с тех пор, как написаны эти пророческие строки, нам остается только добавить, что воз и ныне там. Вопрос о туннеле в 1913 г. стоял не только «далеко не в первый раз», но и далеко не в последний раз. Теперь он снова дебатируется в английском парламенте.

Выступая недавно в палате лордов, Бальфур заявил, что «пока океан остается нашим другом, мы сознательно не хотим уничтожить его способность притти нам на помощь».

Стремление не дать техническому прогрессу уничтожить естественную границу между островом и континентом заставляет «цивилизованных варваров» столь же упорно, как и раньше, проваливать планы прорытия туннеля.

В наши дни возобновляется также обсуждение в печати еще более грандиозного проекта междуматерикового туннеля — Гибралтарского, который должен соединить прямым беспересадочным сообщением Европу и Африку. В создании туннеля особенно заинтересована Франция. Этот туннель связал бы ее самым удобным путем с африканскими колониями. Но ведь Гибралтар — ключ к Средиземному морю — в руках Англии, и заранее ясно, что этот проект при всем его техническом совершенстве остается и будет оставаться при капитализме несбыточной утопией.

Капитализм «накопил груды богатства и сделал людей рабами этого богатства. Он разрешил сложнейшие вопросы техники и застопорил проведение в жизнь технических улучшений из-за нищеты и темноты миллионов населения, из-за тупой скаредности горстки миллионеров.

Цивилизация, свобода и богатство при капитализме вызывают мысль об обожравшемся богаче, который гниет заживо и не дает жить тому, что молодо.

Но молодое растет и возьмет верх, несмотря ни на что»[2]. И это молодое уже «взяло верх, несмотря ни на что», на одной шестой части мира, где бурно развивается величайшая в истории социальная и техническая революция, перестраивающая сверху донизу, вдоль и поперек все лицо страны, ее производительные силы, переплавляющая самих людей, выкорчевывающая полностью «причины, порождающие классовые различия и эксплоатацию».

На II Всероссийском съезде горнорабочих 23 января 1921 г. Ленин говорил: «Когда электричество распространится по всей земле, повсюду, если через двадцать лет мы сделаем это, то это будет неслыханно быстро»[3].

О выполнении этой задачи в неслыханно короткие сроки говорят нам итоги выполнения первой пятилетки и первого года второй пятилетки. Мощность электростанций СССР возросла с 1 098 тыс. *квт* в 1913 г., до 4 567 тыс. *квт* в 1932 г. Произведенным на территории СССР в 1913 г. 1 945 млн. *квт-ч* уже в 1928 г. противостояло 5 003 млн. *квт-ч* и в 1932 г. 13 010 млн. *квт-ч*, а на 1937 г. уже дано задание поднять производство электроэнергии до 38 000 млн. *квт-ч* в год.

---

[1] Ленин, Соч., т. XVI, стр. 622.
[2] Там же, стр. 623.
[3] Там же, т. XXVI, стр. 103.

Выступая на VIII съезде ВКП(б) 23 марта 1919 г., Ленин сказал: «Среднее крестьянство в коммунистическом обществе только тогда будет на нашей стороне, когда мы облегчим и улучшим экономические условия его жизни. Если бы могли дать завтра 100 тысяч первоклассных тракторов, снабдить их бензином, снабдить их машинистами (вы прекрасно знаете, что пока это — фантазия), то средний крестьянин сказал бы: «Я за коммунию» (т. е. за коммунизм). Но для того, чтобы это сделать, надо сначала победить международную буржуазию, надо заставить ее дать нам эти тракторы, или же надо поднять нашу производительность настолько, чтобы мы сами могли их доставить. Только так будет верно поставлен этот вопрос»[1].

То, что было только мечтой Ленина в первые годы революции, оказалось далеко превзойденным в итоге выполнения первой пятилетки. На колхозных и совхозных полях СССР в наши дни уже работает армия свыше чем в 204 тыс. тракторов и ряд других сложнейших машин.

Для полной технической реконструкции сельского хозяйства XVII съезда в резолюции по докладам тт. Молотова и Куйбышева выдвигает задачу« увеличить тракторный парк с 2 225 тыс. *л. с.* в 1932 г. до 8 200 тыс. *л.* в 1937 г., т. е. в 3,7 раза, парк комбайнов — до 100 тыс. штук и автомобильный парк в сельском хозяйстве — до 170 тыс. машин, т. е. более чем в 12 раз».

На основе материальной базы, созданной в первой пятилетке открываются теперь величайшие перспективы технического развития СССР. Пути этого развития, как и путь создания материальной базы социализма, ярко освещены учением Маркса, Энгельса, Ленина, Сталина.

Работы классиков марксизма, с исключительным вниманием изучавших новые проблески технической творческой мысли, — оперативное руководство к действию и на этом пути. В их работах намечены не только общие пути развития техники при социализме, но и выделен ряд важнейших технических проблем значение которых можно оценить только в настоящее время. Примером может служить письмо Маркса от 2 апреля 1866 г., в котором он сообщает Энгельсу:

«Мой друг Кауб пишет мне из Парижа, что некий господин Ребур открыл такой способ разложения воды на водород и кислород, при котором расходы будут составлять 2 су в день for a fire to melt iron with (на поддержание огня, на котором плавится железо). Но пока он еще держит это дело в секрете, так как одно изобретение было у него раньше украдено и патентовано в Лондоне. Qui vivra, verra (поживем—увидим). Ты знаешь, как часто мы оба мечтали о дешевом способе превращения воды в огонь»[2].

О том же свидетельствует переписка Маркса и Энгельса, посвященная открытию Тиндаля[3], батарее Гартмана[4], изобретению Подолинского[5] и т. д.

Все эти открытия и изобретения, нереализованные при капитализме, требуют критического пересмотра и дальнейшей работы для своего осуществления.

Подобно Марксу и Энгельсу, Ленин выделил ряд важнейших технических проблем, намечая пути развития техники будущего.

Еще на рубеже XIX в. в работе «Развитие капитализма в России», разбирая статью Ржевского «Электричество в сельском хозяйстве», Ленин раскрывает грядущую роль электричества в земледелии[6]. Несколько позже, в труде «Аграрный вопрос и критики Маркса», он дает исчерпывающую характеристику преимуществ применения электрической энергии в сельском хозяйстве: «Электрическая энергия дешевле паровой силы, она отличается большей делимостью, ее гораздо легче передавать на очень большие расстояния, ход машин при этом

---

[1] Ленин, Соч., т. XXIV, стр. 170.
[2] Соч. Маркса и Энгельса, т. XXIII, стр. 337.
[3] Там же, т. XXII. стр, 250.
[4] Там же, т. XXIV, стр. 596, 601—602.
[5] Там же,стр. 602—605.
[6] Ленин, Соч., т. III, стр. 165.

правильнее и спокойнее—она гораздо удобнее поэтому применяется и к молотьбе, и к паханию, и к доению, и к резке корма скоту и пр»[1].

Выступая против реакционных теорий Масловых, Булгаковых и других ренегатов, Ленин еще в 1901 г. показал, «какую гигантскую победу крупного производства будет означать (отчасти означает уже) введение электротехники в земледелие»[2] и вместе с тем «какие хозяйства подготовляют «электрическую» революцию и какие больше всего ею воспользуются»[3].

Но Ленин был не только гениальным теоретиком, раскрывшим пути технического развития при капитализме и социализме. Умение всегда сочетать теорию с практикой — неотъемлемая и ярчайшая черта великого пролетарского вождя и революционера. Эта черта ярко проявилась и в роли Ленина в деле электрификации сельского хозяйства СССР. Выдвинув свой план хозяйственного развития страны пролетарской диктатуры, ярко очертив роль электричества в этом развитии, Ленин все время заострял внимание также и на электрификации сельского хозяйства, соединяя теоретическую работу с практической подготовкой реализации этой великой идеи. Десятки записок к руководителям промышленности, к т. Горбунову, в Наркомпрод к т. Халатову, в комиссии рабочего снабжения, в ВСНХ, Наркомзем, Наркомтруд и т. д., свидетельствуют о том, как конкретно руководил Ленин работой по созданию советских электроплугов. Пометки на письме Л. Михайлова от 27 сентября 1921 г. и записки Ленина Горбунову[4] раскрывают нам, как вникал во все детали этого дела Ленин, отмечавший, что «трудности при этом были невероятно велики»[5]. Когда плуги, наконец, были готовы, Ленин сам наблюдал опыты с ними на Бутырском хуторе в 1921 г. «Владимир Ильич сам лично в условленное время, к началу испытания приезжает и ходит по полю вдоль борозды за гигантом-плугом»[6].

Ленин, однако, подчеркивает, что работы на пути электрификации сельского хозяйства еще не вышли из опытной стадии. Эту сторону вопроса отметил также т. Сталин, выступая на XVI съезде ВКП(б) против прожектерских установок тех товарищей, которые считают, что трактор якобы отжил свой век и должен уже уступить место электроплугу.

«Нельзя говорить, что мы «вплотную подошли» к делу электрификации сельского хозяйства... Все, что можно теперь сказать об электрификации сельского хозяйства, это то, что электрификация находится у нас в стадии опытной разработки. Ленин так и смотрел на это дело, поощряя опыты по электрификации сельского хозяйства. Некоторые товарищи думают, что трактор уже отжил свой век, что пришла пора перейти от тракторов к электрификации сельского хозяйства. Это, конечно, чепуха и фантастика. Таких товарищей надо осаживать»[7].

Только на основе мощного электроэнергетического хозяйства, созданного в первой пятилетке, возможно развертывание электрификации сельского хозяйства. Резолюция XVII партсъезда по докладам тт. Молотова и Куйбышева считает внедрение электроэнергии в производственные процессы сельского хозяйства одним из звеньев электрификации промышленности.

Значительные успехи на этом пути уже достигнуты в 1933 г. В начале 1933 г. Наркомзем УССР наметил от 70 до 80 точек электромолотьбы, а в действительности было создано только на Украине 780 точек[8]. Результаты, полученные при этом, — точное подтверждение характеристики преимуществ электричества в сельском хозяйстве, данной Лениным еще в 1901 г.[9]. Электромотор

[1] Ленин, Соч., т. IV, стр. 208.
[2] Там же, стр. 209.
[3] Там же, стр. 211.
[4] XXIII Ленинский сборник, стр. 110—112.
[5] Там же, стр. 112.
[6] Сборник «Механический транспорт в сельском хозяйстве», Москва 1924 г., стр. 1.
[7] И. Сталин, Вопросы ленинизма, 1932 г., стр. 570.
[8] «Правда» от 17 января 1933 г.
[9] Стоимость тонны электрообмолота при тракторе от 4 до 6 руб., при электромолотьбе от $1\frac{1}{2}$ до 3 руб.

уже в 1933 г. приводил в движение не только молотилку, но и силосорезки, веялки и т. д. и использовался для орошения. На базе дешевой энергии Днепровской ГЭС широко развернула работы первая в Союзе Канцеровская электромашинотракторная станция, где уже ведутся большие работы по полной электрификации всех производственных процессов[1]. Так реализуется завет Ленина об электрификации сельского хозяйства. Так же реализуются заветы Ленина о технической реконструкции и всех других отраслей народного хозяйства СССР.

Ленинское учение о развитии техники при капитализме и социализме нашло свое глубочайшее подтверждение в тысячах фактов. Генеральной линии индустриального подъема СССР противостоит «генеральная линия» послевоенного развития капитализма — упадок и загнивание, разложение[2].

«Куда ни кинь — на каждом шагу встречаешь задачи, которые человечество вполне в состоянии разрешить н е м е д л е н н о. Мешает капитализм», — писал Ленин в 1913 г.[3].

Особенную остроту и полнозвучность получили эти слова Ленина в наши дни, когда в СССР не только критически используется все, что уже дала техника и наука, но и решаются все новые и новые научно-технические проблемы.

О том, что будет через 100 лет, о двухтысячном годе мечтают Гюнтеры, Любке и другие апологеты капиталистической техники, посвятившие свои книги вопросам техники будущего. Энергия приливов и отливов, исчисляемая триллионами киловатт, миллиарды киловатт лучистой энергии, ежесекундно выплескиваемые солнцем на земной шар, могучие воздушные течения, внутреннее тепло земли, разница температур воды на различных глубинах океана манят воображение буржуа, суля ему неслыханные прибыли... в 2000 г. Далекой и несбыточной утопией остаются при капитализме проекты типа работы Зоргеля, предложившего заградить могучими плотинами Средиземное море, искусственно вызвать понижение его уровня и освободить для человечества огромные территории южного побережья Европы, опустившегося благодаря геологическому перевороту в бездну вод. Могучий поток из Атлантического океана в Средиземное море должен, по Зоргелю, дать сотни миллионов лошадиных сил, вращая гигантские турбины циклопической гидроэлектроцентрали (Гибралтарская станция на 160 млн. *л. с.* при разности уровней Атлантического океана и Средиземного моря в 200 *м*).

Заманчивой утопией звучат при капитализме подобные технически возможные проекты, но даже если бы некоторые из них и были частично осуществлены при капитализме, то это только усилило бы господство банков и удесятерило бы эксплоатацию трудящихся.

Только в СССР осуществляются планы великих работ, реализуются технические идеи и проекты, перед которыми бледнеет все совершенное до сих пор в истории человечества. На основе материальной базы, созданной в первой пятилетке, объем капитальных работ возрастает от 50,5 млрд. руб. (за первое пятилетие) до 133,4 млрд. руб. во втором пятилетии. Одновременно с дальнейшим развертыванием индустриальных гигантов, созданных в первом пятилетии, утверждено строительство крупнейших новых машиностроительных заводов, электроцентралей, шахт, нефтепромыслов, металлургических заводов, химических комбинатов и ряда предприятий легкой, пищевой, лесной промышленности. Все глубже идет реконструкция сельского хозяйства. Создается новое размещение производительных сил. Начаты изыскания по созданию грандиозных Волго-Каспийских, Волго-Донских систем, Ангаро-Енисейских комплексов, осуществление которых изменит самую географию страны. Непосредственное соедине-

---

[1] Оборудуется 84 точки электромолотьбы, ведутся работы по орошению 400 *га* (из них 160 искусственным дождеванием), электрифицируются силосорезки, жмыходробилки, электропарники, организовано электродоение и т. д. Подготовляется вспашка в 1934 г. электроплугами 5 000 *га*.

[2] XIII пленум ИККИ, «Правда» от 4 января 1934 г.

[3] Л е н и н, Соч., т. XVI, стр. 622—623.

ние Волги с Доном свяжет водным путем Сталинград и весь Волжский бассейн с Донбассом. Волго-Донской канал, как говорил Ленин, будет «могучим транспортным рычагом, который перевернет всю экономику отсталых районов нашего юго-востока».

Проблема Большой Волги — величайшая из технико-экономических проблем, за реализацию которых бралось когда-либо человечество. Энергетика, транспорт, ирригация — основные узлы этой проблемы — получают в ней неслыханное количественное и качественное решение. Первенствующая в мире, недавно сооруженная нами Днепровская гидростанция мощностью 558 тыс. *квт* должна будет отступить перед волжскими гигантами. Наметки проф. Чаплыгина дают для Самарской гидростанции 1 680 тыс. *квт*. Камышинская станция должна дать мощность 1 200 тыс. *квт*. Для обеспечения великой Волжской системы намечается сделать заем у северных многоводных рек, направив их струи через русло Волги к далекому Каспию. Полная перестройка Волжского бассейна по линиям транспорта, энергетики, индустрии и сельского хозяйства, как это показал т. Кржижановский, раскрывает гениальную прозорливость Ленина, учившего, что «коммунизм — это есть советская власть плюс электрификация всей страны».

Еще в «Наброске научно-технических работ» Ленин ставил вопрос о необходимости рационального использования всех энергетических ресурсов. Десятки раз заострял Ленин внимание на использовании торфа, малокалорийного топлива, гидравлической энергии, ветра. Идя по этому пути, пролетариат СССР не только включил в хозяйственный оборот указанные энергоресурсы, но приступает к промышленному освоению новых видов энергии. Так обстоит дело с солнечной энергией, использованию которой много внимания уделили Маркс и Энгельс в переписке об открытии Подолинского. Действительная сущность этого открытия, по определению Энгельса, заключается «в том, что человеческий труд может дольше удержать на поверхности земли и дольше заставлять действовать солнечную энергию, чем это было бы без него» [1].

Разбирая открытие Подолинского, Энгельс говорит:

«...вопрос о том, равняются ли фиксированные, благодаря применению заключающихся в дневной пище 10 000 единиц тепла, новые единицы тепла пяти тысячам, десяти тысячам, двадцати тысячам или миллиону единиц, зависит исключительно от степени развития средств производства» [2].

Десятки лет дебатируется в капиталистических странах грандиозная проблема промышленного использования солнечной энергии и все же она еще не получила заметного развития, оставаясь уделом стихийной, разрозненной работы отдельных изобретателей. В советских условиях этой проблеме дано новое качественное разрешение. Еще в 1932 г. проведена в СССР первая в мире гелиотехническая конференция, принявшая ряд конкретных решений для плановой реализации этой великой задачи. Не только организационно, но и по самому существу советская гелиотехника идет новыми путями. Дорогим и громоздким солнечным установкам с концентрацией света при помощи зеркал (Эриксон и др.), не оправдавшим себя, сложным системам солнечных аккумуляторов советский изобретатель К. Г. Трофимов противопоставил простые и дешевые солнечные установки.

На территории Ташкентской геофизической обсерватории уже выстроен «солнечный дом», обитатели которого не расходуют ни одного грамма топлива. Здесь работают солнечные кипятильники, солнечная кухня, солнечная баня и т. д. Солнечные кипятильники Трофимова, абсолютно безопасные в пожарном отношении, возможно устанавливать на территории СССР везде южнее примерно 50°. Солнечные опреснители воды, уже оправдавшие себя, в ближайшем будущем

---

[1] Соч. Маркса и Энгельса, т. XXIV, стр. 602.

[2] Там же, стр. 603.

5530
Красно-Пресненский
библиотечный передвижной фонд
Общества Союза Безбожников

должны сыграть решающую роль в жизни огромных районов [1]. Мысль советских изобретателей усиленно работает также и над солнечными силовыми установками. Солнечные водокачки должны сыграть большую роль в орошении засушливых районов той же Средней Азии. Борьба с высокой температурой, снижающей производительность труда, приводит к мысли об использовании солнечной энергии для производства холода (холодильники, действующие за счет солнечной энергии). Солнечные установки советских изобретателей уже настолько оправдали себя, что Совнарком Узбекистана вынес постановление о строительстве солнечных промышленных установок в ряде пунктов.

Развитие социалистической техники идет также и по многим другим конкретным путям, которые были намечены Лениным. Еще в конце XIX в. Д. И. Менделеев выдвинул идею подземной газификации угля. 1913 г. эту идею пропагандировал в условиях особенного нарастания борьбы рабочего класса в Англии [2] знаменитый химик Вильям Рамсэй. В Англии, как и в царской России, эта великая идея не получила никакого развития. Капитал сдал в архив неосуществленных проектов еще «одну из великих побед техники».

После глубокого технико-экономического анализа этого проекта Ленин писал:

«Но последствия этого переворота для всей общественной жизни в современном капиталистическом строе будут совсем не те, какие вызвало бы это открытие при социализме.

«При капитализме «освобождение» труда миллионов горнорабочих, занятых добыванием угля, породит неизбежно массовую безработицу, громадный рост нищеты, ухудшение положения рабочих. А прибыль от великого изобретения положат себе в карман Морганы, Рокфеллеры, Рябушинские, Морозовы с их свитой адвокатов, директоров, профессоров и прочих лакеев капитала.

«При социализме применение способа Рамсэя, «освобождая» труд миллионов горнорабочих и т. д., позволит сразу сократить для всех рабочий день с 8 часов, к примеру, до 7, а то и меньше. «Электрификация» всех фабрик и железных дорог сделает условия труда более гигиеничными, избавит миллионы рабочих от дыма, пыли и грязи, ускорит превращение грязных отвратительных мастерских в чистые, светлые, достойные человека лаборатории. Электрическое освещение и электрическое отопление каждого дома избавят миллионы «домашних рабынь» от необходимости убивать три четверти жизни в смрадной кухне» [3].

По инициативе т. Сталина Центральный комитет партии в 1931 г. постановил начать широкие научно-исследовательские и экспериментальные работы по реализации проектов подземной газификации угля. Для практического проведения этих работ был создан трест «Подземгаз». Приступили к зажиганию искусственных подземных пожаров на опытных подземных газогенераторах в Лисичанском и Шахтинском районах Донбасса и на Крутовке в Подмосковном бассейне. Удалось уже добиться успехов в подземной газификации антрацита — получен генераторный газ с теплотворной способностью в 1 320 *кал.* на кубометр.

Этот первый успех, конечно, еще не решает задачи, но уже неоспоримо доказывает практически, что советской технике эта великая задача по плечу. Первые опыты создания под землей в угольных пластах «громадных дестилляционных аппаратов для выработки газа» (Ленин) показали пути решения этой задачи.

Работа по осуществлению подземной газификации угля уже дополнена работой по подземной газификации бросовых нефтеносных пластов. Обычными методами нефтяных разработок из этих пластов нельзя извлечь ни одной капли

[1] Напомним, что Красноводск и сейчас снабжается водой, привозимой в цистернах из южной Туркмении или пароходами через Каспийское море из Баку. Район Карабугаза, Балахны, Аральского моря и ряд других районов Казакстана, Узбекистана и т. д. с переходом к солнечным опреснителям ускорят свое хозяйственное развитие.

[2] В 1908 г. в Англии было 400 промышленных конфликтов, охвативших 300 тыс. рабочих, в 1912 г. было 857 конфликтов, охвативших $1^1/_2$ млн. рабочих, в 1913 г. уже было 1 497 больших конфликтов между трудом и капиталом в английской промышленности.

[3] Ленин, т. XVI, стр. 368—369.

нефти; опытами Государственного научно-исследовательского нефтяного института уже доказана возможность 100%-ного извлечения нефти из этих пластов при помощи подземной газификации [1].

Обращение ученых, инженеров и хозяйственников к XVII партсъезду, опубликованное в «Технике» 27 января 1934 г., намечает широкий план работ для дальнейшего развития газификации во второй пятилетке.

Капиталистическая утопия уже превратилась в социалистическую действительность. Так же обстоит дело и на ряде других участков советской техники, в том числе и на важнейшем из них — машиностроении.

Не приходится повторять, какое исключительное значение придавал Ленин машиностроению — технической основе перевооружения всех отраслей. И этот завет Ленина осуществлен ленинской партией под руководством т. Сталина.

«Основное звено пятилетнего плана, — говорит т. Сталин, — состояло в тяжелой промышленности с ее сердцевиной — машиностроением» [2].

Созданы гиганты советского станкостроения, автотракторного, сельскохозяйственного, тяжелого машиностроения. Созданы величайшие заводы электромашиностроения, котлотурбостроения, дизелестроения, паровозостроения и т. д.

Во второй пятилетке будет осуществлено освоение производства двухсот новых видов станков. Завершается в основном механизация всех трудоемких и тяжелых процессов в промышленности. Создаются новые мощные центры машиностроительной промышленности.

В самой внутренней структуре социалистического машиностроения, в развитии его по отдельным отраслям, в существе производимых машин ярко сказались органические преимущества социалистического планового хозяйства. На этом участке в основном уже закончен процесс переноса к нам западной техники. Творчество советской техники и здесь уже начинает итти своим путем.

Экспериментальный институт станкостроения выработал ряд новых путей советского станкостроения, создавая стандартные узлы (коробки подач, коробки скоростей и т. д.), и на их основе сочетал массовость производства с уникальностью. По пути создания стандартных деталей, общих для всех станков, и монтажа из этих деталей различных типов станков идет Центральный институт труда. Широкие круги советской общественности, начиная с суда над станком «ДИП» весной 1932 г., включились в борьбу за советское машиностроение. Создан уже ряд оригинальных советских станков, не имеющих себе подобных в капиталистических странах. Создана мощная машиностроительная база, развивается новая социалистическая машиностроительная культура. Только в этой культуре получают должное развитие наиболее рациональные методы создания машины — максимальная автоматизация ее, электрификация ее рабочих органов, вооружение чувствительнейшей аппаратурой, фотоэлементами и т. д.

Массовое творчество советских инженеров, техников, рабочих открывает новые пути технического развития и во всех других отраслях производства. Ярким примером этого может служить сверхскоростный транспорт.

Еще в 1901 г. Ленин писал о проекте скоростного железнодорожного сообщения между Ливерпулем и Манчестером:

«...Техника транспорта повысилась настолько, что можно при меньших (против теперешних) издержках перевозить пассажиров с быстротой свыше 200 верст в час»... Между тем «проект такой дороги между Манчестером и Ливерпулем не получил утверждения парламента только вследствие корыстного противодействия железнодорожных тузов, боящихся разорения старых компаний» [3].

---

[1] Специальным приказом т. Орджоникидзе в июле 1933 г. обязал Главнефть оказать всемерное содействие подземной газификации нефти. Отпущены необходимые средства на опытные работы. На основе проведенных экспериментов должны быть развернуты в 1934 г. промышленные опыты в Майкопском районе и на промыслах Азнефти.

[2] Сталин, Доклад на январском пленуме ЦК, 1933 г., стр. 25.

[3] Ленин, Соч., т. IV, стр. 218.

Линия Ливерпуль — Манчестер — первая железная дорога промышленного значения, законченная постройкой Георгом Стефенсоном в 1830 г. Капитализм в XX в. оказался на этом участке менее прогрессивным, чем на заре создания первых железных дорог.

Последующие годы господства монополий вписали на страницы истории техники омертвление множества технических проектов скоростного и сверхскоростного транспорта.

Прогресс сверхскоростного транспорта в капиталистических странах ни в какой степени ни по уровню, ни в особенности по размаху применения не может соответствовать наличию проектов и изобретений в этой области.

Иное положение в СССР. После победы революции здесь созданы предпосылки для наиболее полного критического освоения достижений сверхскоростного транспорта в капиталистических странах. Значение этой проблемы особенно велико в условиях нашей страны с ее необъятными просторами при возможности широкого плнаирования перевозок и осуществления марштрутизации.

Характерно для изобретательской мысли СССР стремление в разработке проблемы сверхскоростного транспорта пойти не только путем американской и западно-европейской научной мысли, но и выдвинуть свои варианты. Мы говорим о шаро-электролотковом поезде Ярмольчука, об аэропоезде Вальднера. Несмотря на непривычные для транспортной техники принципы положенные в основу проектов Ярмольчука и Вальднера, несмотря на сложность и трудность вопросов, подлежащих разрешению при осуществлении этих проектов, советское правительство создало все условия для проведения исследовательских работ в этой области. Если изыскания и опыты увенчаются успехом, если будут доказаны технико-экономические преимущества, этих видов сверхскоростного транспорта, то наряду с двухпутевым транаспортом у нас появится и транспорт, основанный на других принципах.

Раскрепощенная от уз капитализма творческая мысль наших изобретателей на том же транспортном участке дает предложения, революционизирующие современную транспортную технику. Такова, например, автоматическая регулировка движения поездов инженера Булата.

Испытательный период в развитии новейшего изобретения инж. Булата закончен. В его системе автоматического регулирования движения поездов светофор перемещен с линии в самую будку паровоза. Если путь перед идущим поездом свободен — на паровозном светофоре перед машинистом горит зеленый огонь, и поезд идет с нормальной скоростью; по мере приближения к идущему впереди поезду зеленый огонь сменяется на светофоре желтым, и как только расстояние становится близким к тормозному — на паровозном светофоре вспыхивает красный огонь. Если машинист на протяжении 5—6 сек. не выполняет требования сигнала, установка Булата автоматически приводит в действие тормоза, и поезд останавливается. То же происходит и при повреждении лежащего впереди участка пути.

После успешных испытаний решено оборудовать авторегулировкой Булата опытный эксплоатационный участок протяжением в 100 *км*.

Успехи советского изобретательства, охватившие все стороны хозяйственного развития страны, дают нам возможность понять еще одну сторону гения Ленина, заботливо выявлявшего новейшие изобретения, постоянно содействовавшего их реализации. Об этой черте деятельности Ленина говорят нам его многочисленные записки о содействии различным изобретателям, написанные в период величайшего хозяйственного напряжения, в грозные годы, когда, казалось бы, вождю пролетарской революции было некогда заниматься вопросами техники завтрашнего дня. Но гений Ленина все время выдвигал необходимость заботы о технике будущего, подготовляя неслыханный ее расцвет, уже в значительной мере осуществленный в СССР. Изобретения Нижегородской радиолаборатории, новейшие торфяные машины, Курская магнитная аномалия, электро-

плуги, лучи, поражающие на расстоянии, и т. п., — все это находило свой отклик у Ленина, все это и многое другое сохранилось зафиксированным в массе его записок, в сотнях документов, свидетельствующих о том, как конкретно руководил Ленин развитием советской техники, как далеко он умел смотреть вперед, ведя за собой пролетариат на строительство нового мира.

Во всей прошлой истории человечества дальнозоркость, подобную ленинской, столь же смелый полет творческой мысли, точнейшим образом научно обоснованный и конкретный, можно найти только у его великих учителей, основоположников научного социализма — Маркса и Энгельса.

Ленинская дальновидность, ленинская сила дерзания, ленинское конкретное руководство великим движением на путях строительства нового мира нашли теперь свое выражение в деятельности вождя мирового пролетариата т. Сталина.

В докладе «10 лет без Ленина» 21 января 1934 г. т. Стецкий подробно остановился на этой стороне деятельности т. Сталина:

«Тов. Сталин, по инициативе которого возникают целые отрасли промышленности, создаются новые организации, вместе с тем самым тщательным образом участвует в обсуждении не только того, какие пункты нужно выбрать для строительства того или иного завода, но и того, каких размеров должны быть эти заводы, что они должны производить, в какие сроки они должны быть готовы, кто туда должен быть послан для организации дела».

Величайшие из великих технических проектов осуществляются по инициативе т. Сталина и под его непосредственным конкретным руководством. По его инициативе осуществлен великий канал двух морей. Создание Беломорско-Балтийского канала было не только осуществлением сложнейшего технического проекта в самых трудных условиях, но было вместе с тем величайшим достижением в деле перевоспитания людей, превращенных из закоренелых преступников, врагов советской власти в тысячи передовых ударников-энтузиастов.

С большевистской непоколебимостью и упорством отстаивает и осуществляет т. Сталин великие идеи и планы Ленина, ведя неустанную и беспощадную борьбу с оппортунистами всяких мастей.

В своем историческом выступлении на I конференции хозяйственников т. Сталин со всей остротой поставил проблему превращения наших громадных возможностей в действительность. В своем докладе на январском пленуме ЦК ВКП(б) 1933 г. т. Сталин выдвинул задачу огромной важности — задачу борьбы за нашу техническую вооруженность, за высокое качество работы и переход на высшую ступень освоения новой техники.

Уверенной поступью идут несокрушимые колонны ударников, бойцов за новый социалистический мир, идут они великим путем, освещенным учением Ленина, превращая ленинские планы в социалистическую действительность. Под руководством великого вождя и учителя т. Сталина пролетариат СССР уже доказал, что: «Наш строй, советский строй дает нам такие возможности быстрого продвижения вперед, о которых не может мечтать ни одна буржуазная страна»[1].

[1] Сталин, О задачах хозяйственников, стр. 8.

Б. КУЗНЕЦОВ

Исторические корни работ Фарадея

I. Ренессанс, мануфактура и первые открытия в области электричества

Введение. Историческая роль электрической техники. Учение об электричестве и электрическая техника. Развитие представлений об электричестве на базе технического применения других форм энергии. Три промышленные революции.

Исторический фон первых открытий в области электричества. Крестовые походы, морская торговля и великие открытия. Мануфактура и ее энергетическая база. Естествознание и его механическая ограниченность. Картезианское естествознание и механические теории эфира. Механика Ньютона. Принцип дальнодействия.

Магнетизм и электричество. Компас у китайцев. Компас в Европе. Электрические явления у древних и в XVI в. Джильберт, Герике, Грей, дю-Фэ. Электростатические машины и приборы (Гаузон, Винклер, Бозе, Кунеус и т. д.). Попытки конструирования электрического телеграфа в XVIII в. Атмосферное электричество. Франклин, Рихман и две теории электричества. Эпинус. Картезианские представления в теории электричества.

В начале своей известной статьи об электричестве Энгельс сравнивает уровень теоретических представлений в этой области и в химии. В то время как в химии царит относительный порядок и «планомерный натиск на неизведанные еще области», в электричестве господствует хаос. «Несмотря на вездесущность электричества, несмотря на то, что за последние полвека оно все больше и больше становится на службу человеческой промышленности, оно является именно той формой движения, насчет существа которой царит еще величайшая неясность» [1].

Чем объясняется это отставание учения об электричестве? В основе лежит революционный характер электрической техники. Электричество — эта величайшая революционная сила — просачивалось в область промышленной техники уже в эпоху классического домонополистического капитализма. Но широким фронтом электрическая техника двинулась вперед лишь в эпоху монополий, с наступлением сумерек и заката капитализма. Полное техническое воплощение электричества может произойти лишь в бесклассовом обществе. Революция, произведенная применением электрической энергии, оказалась последним по счету техническим переворотом в капиталистической промышленности. С точки зрения учения о трех промышленных революциях[2] теория электричества вплоть до последней четверти XIX в. не могла развиваться на базе электрической техники. Отсюда ее хаотичность и отставание.

В своем развитии теория электричества этого периода опиралась не столько на электрическую технику, сколько на механическую, химическую и т. д.

---

[1] Маркс и Энгельс, Соч., т. XIV, стр. 572.

[2] Г. М. Кржижановский, Маркс о революционном прогрессе техники, «Известия Энергетического института», т. I.

В XVIII в. наиболее заметное влияние на построение теории электричества оказала механика (принцип дальнодействия, теория истечений, понятие потенциала). Первый промышленный переворот в его классической форме связал электричество с химией (Дэви и др.). И в дальнейшем, вплоть до эпохи широкого промышленного применения электрической энергии, учение об электричестве продолжало получать основные импульсы от смежных областей и от лабораторной, а не производственной электрической техники. Этот период подытожен в работах Фарадея.

Роли переменились в XX в., когда механика перестроилась под влиянием электричества, а химия постепенно превращается в одну из его глав. После Фарадея теория электричества разрабатывается уже на основе электрической техники и расщепляется по существу на две теории: учение об электрических зарядах и теорию поля. Первая опирается на гальванотехнику и электрохимию, вторая на силовое применение электричества.

Сейчас, накануне нового синтеза этих теорий, интересно проанализировать исторические корни работ Фарадея с точки зрения учения о трех промышленных революциях. Вне этой точки зрения проблема не может быть решена. Три промышленные революции, несмотря на то, что их элементы переплетаются между собой, были основой четко разграниченных периодов в истории учения об электричестве. Первый переворот, создавший машинную технику, положил начало электрохимии и электродинамике. Второй, создавший паровую технику, объединил их в учении Фарадея. Третий переворот, реконструировавший производственную технику, сам опирался на электричество. Своим первым туром (90-е годы) он ввел электрическую энергию в силовой аппарат промышленности, а вторым (в нашем веке) — в область промышленной технологии.

Но этого мало. Чтобы понять исторические корни учения об электричестве, нужно очертить реальные, исторически сложившиеся типы хозяйственно-технического развития. Первый промышленный переворот происходил в двух типичных формах: английской и французской. Первая связана с классическим ходом переворота, массовым характером машинной индустрии, химической технологией и возникновением электрохимии (Дэви). Вторая характеризуется наличием сильных врагов у промышленной буржуазии, широтой и коренным характером ее идеологической и материальной борьбы, исключительным влиянием войн и военной техники, развитием измерительной техники и количественного анализа и, наконец, возникновением электродинамики (Ампер).

Указанные типы технического, хозяйственного и политического развития создали тот круг идей, синтезом которых были работы Фарадея. Что же касается реальных корней его творчества, то они лежали во втором перевороте, т. е. в революции, произведенной паром.

Каков же был исторический фон первых открытий в области электричества?

В средние века Европа была отсталой окраиной культурного Востока. Феодальные государства Европы вывозили на Восток — в Аравию, Индию и Китай — сельскохозяйственные продукты и получали оттуда предметы роскоши — изделия сравнительно высокой по техническому уровню промышленности Востока. Непосредственными восточными соседями и торговыми контрагентами феодальной Европы были арабы. Они захватили в свои руки колоссальную область от Испании до Средней Азии и протягивали щупальцы своих военных и торговых походов в самые отдаленные и глухие углы. Под непосредственным влиянием арабов вырастает торговое значение Византии.

Вслед за Византией вступают на путь средиземноморской торговли Италия и Франция. Южноевропейские сеньоры ищут все больших торговых преимуществ, все большей торговой добычи. Но для этого им необходимо укрепиться на островах Средиземного моря и на его восточном берегу. Так подготовляются великие военно-торговые экспедиции на восток — «крестовые походы», которые добили Византию и поставили Италию и Францию во главе экономи-

ческого развития Европы. Впоследствии эта главенствующая роль перешла к Португалии и Испании, а затем к Голландии и Англии.

Заморская торговля XV в. тогда еще не создала той промышленности, какую она вызвала к жизни впоследствии, в период голландской и английской гегемонии. Но все же она коренным образом расширила узкие рамки поместного и цехового строя. В «Диалектике природы» есть отрывок: «Различие между положением мира в конце древности около 300 г. и в конце средневековья — 1453 г.». Здесь указывается в частности «несравненно высшая ступень развития промышленности и торговли, созданная средневековым бюргерством».

В XV в. буржуазия нанесла феодализму ряд тяжелых ударов, и, примерно, с этого же времени начинается история научного естествознания. Классически яркую картину его возникновения дает Энгельс в «Диалектике природы»[1].

Это были первые шаги капитализма. За ними последовали другие. С переходом торгового преобладания к Англии начинается быстрое развитие промышленности. Промышленное производство развивается по линии разделения труда и кооперации, на основе этого разделения. Классической формой кооперации является мануфактура. С половины XVI вплоть до последней трети XVIII в. она была господствующей формой капиталистического производства.

В рамках мануфактуры спорадически применялись машины, подготовляя развитие машинной индустрии. Прежде всего элементом такой подготовки были появившиеся в начале XVI в. часы. Их изготовление может служить в то же время классическим примером мануфактурного производства. Карманные часы, приводимые в движение эластичной пружиной, совершенствуются через 100 лет изобретением регулирующей улитки. В XVII в. Галилей и Гюйгенс независимо друг от друга изобретают часы с маятником.

В эту эпоху часовой механизм непосредственно связан с потребностями торгового мореплавания, именно с определением долгот. Любопытно, что все государства, последовательно игравшие роль передовых морских держав, финансировали работу по изобретению прибора для определения долгот. В 1600 г. Филипп Испанский установил премию в 100 тыс. пиастров изобретателю такого прибора. Позже голландские генеральные штаты предлагали за него 30 тыс. гульденов. Наконец, в 1713 г. подобная же премия была назначена английским правительством и парламентом.

Вторая материальная основа, подготовлявшая машинную индустрию, была непосредственно связана с промышленным производством мануфактуры, с ее энергетической базой. Речь идет о водяной мельнице.

Мельница появилась задолго до мануфактуры, но применялась почти исключительно для помола зерна. В XVI—XVII вв. характерно применение мельницы в ряде отраслей, связанных с мануфактурным разделением труда. Зомбарт[2] перечисляет основные применения мельницы. Это: круподерки (первая в 1660 г. в Саардаме), маслобойни (голландские со второй половины XVII в.), лесопилки (с несколькими пилами, с 1575 г.), токарные станки (усовершенствованы в 1661 г.), сверлильные станки (упоминаются у Леонардо да-Винчи и Бирингуччио), кузницы (с XV в.), резка металлов (с XVI в.), шлифовка металлов (с XVI в.), проволочные волочильни (с XV в.), латунные заводы (с XV в.), воздуходувные мехи (XV в.), производство бумаги (с XVII в.), пороховые заводы (с XVI в.), красильни (упоминаются у Леонардо да-Винчи), тростильные мануфактуры (с XVII в. в Италии), ленточные станки (с конца XVI в.), сукновальни (в Англии с 1684 г.), гладильные машины (с XVII в.).

[1] «Диалектика природы», 4-е изд., стр. 108—109.

[2] «Техника эпохи раннего капитализма», М. 1925 г., стр. 23—24.

Характерно, что «мельницами» назывались и самые предприятия, причем англичане называют так свои фабрики даже в эпоху паровой машины.

Таким образом энергетическая база мануфактуры была механической. Промышленность этого периода пользовалась кинетической энергией воды и ветра, т. е. архаичнейшими энергетическими ресурсами. Действительный переворот в энергетике произошел с переходом к концентрированным средоточиям потенциальной энергии — к топливу как источнику энергии. Это сразу раздвинуло границы техники и включило в них молекулярные процессы. Предпосылкой этой революции, произведенной паром, была первая промышленная революция: механический переворот в рабочих машинах. До этого переворота промышленная технология оставалась ремесленной, эмпирической. Только двигатели — мельницы и, наряду с ними, военное дело (баллистика), астрономические наблюдения (включая часы), мореплавание и т. п., стимулировали применение механических знаний на практике. Это отразилось и на характере естествознания XVII в. Техника мануфактурного периода была механической и такой же была наука. Не только рабочие машины, но, в отличие от следующего периода, и энергетическая техника сводилась к трансформации одного механического движения в другое. О переходе одной формы энергии в другую не знали ни техника, ни — вследствие этого — естествознание.

Это отразилось на обеих господствовавших теориях эпохи, последовательно сменивших друг друга: на системах Декарта и Ньютона. В работах Декарта ярче сказался революционный характер естествознания. Физика Декарта целиком направлена против средневековой схоластики, против перипатетиков, против таинственных скрытых свойств и сил. Буржуазно-революционный характер картезианства виден даже из того факта, что Декарт подобно Галилею перешел от цеховой латыни ученых к языку народа и писал свои работы на французском языке. Несмотря на аристократическое происхождение, он тянулся к третьему сословию, вербовал учеников из числа буржуа и ремесленников, необычайно интересовался эмпирическим естествознанием и техникой и сознательно ставил перед своим учением практические задачи. Физические взгляды Декарта тесно связаны с современной ему техникой. Механические, в особенности гидромеханические, модели проникают через все его работы. Декарт, работавший в области анатомии, физиологии, математики, механики, оптики, метеорологии, астрономии и т. д., создал систему взглядов, охватывающую основные вопросы мироздания. Декарт считает тождественными материю и пространство. Абсолютной пустоты не существует. Кажущаяся пустота в действительности заполнена «тонким веществом», которое находится в движении. Причина движения планет, луны, комет и т. д. — вихри: «Подобно тому как движение воды, если она принуждена к обратному течению, образует водоворот и увлекает в вихреобразное движение легкие плавающие в ней тела... подобно этому легко можно представить себе, что с движением планет дело обстоит так же, и что нет необходимости каких-нибудь других условий, чтобы объяснить все относящиеся к нему явления». Этим тонким веществом и вихрями Декарт объясняет тяготение, магнетизм и все вообще физические явления. Применительно к электричеству и магнетизму подобные объяснения были разработаны самим Декартом и рядом ученых XVII в. С этого времени механические теории эфира сопровождают развитие учения об электричестве. Другую форму естествознание XVII в. получило в работах Ньютона. «Математические начала натуральной философии» в наиболее полной форме отразили характер технического и научного развития XVII в. в стране наиболее передовой капиталистической промышленности. В «Началах» рассматриваются общие законы механики, движение тел в сопротивляющейся среде, гидростатика, давление газов, маятник, гидродинамика, падение тел и, наконец, небесная механика. Работы Ньютона подытожили механические знания эпохи, подготовившей машинную промышленность. Но система Ньютона, в общем гораздо более значительная, чем система Декарта, была все же в известном смысле шагом назад по сравнению с последней.

Картезианство отражало ограниченность техники и естествознания XVI и XVII вв. Основным недостатком понятия движения у Декарта является его модальность, представление о том, что движение — это лишь возможное состояние материи, а не неотъемлемый ее атрибут. Но наряду с этим у Декарта имеется представление о неуничтожаемости движения в целом, правда, в количественно-механическом смысле. Сын классового компромисса, Ньютон пошел в этом вопросе назад[1]. Его материя инертна, абсолютный покой — одно из основных понятий ньютоновской механики. При объяснении вращения планет Ньютон ссылается на знаменитый «первоначальный толчок», произведенный богом. Вместе с тем Ньютон был сторонником «индуктивного» метода, запрещающего создание научных гипотез, за что получил заслуженную резкую характеристику Энгельса. Наконец, у Ньютона, в противоположность картезианской картине мира, все механические явления происходят в пустоте и притяжение тел описывается без реальных физических процессов в среде, как действие через пустоту на расстоянии. Сам Ньютон не делал из своих ошибок абсурдных выводов. Он предоставил это эпигонам. В данном случае эпигонами оказались реакционеры-идеалисты. Они сделали недостатки и ограниченность ньютоновской механики знаменем воинствующей поповщины. Больше того, попы в лице Котса путем сознательного подлога вставили в «Начала» заостренные идеалистические формулировки и в их числе принцип действия на расстоянии[2].

Таков исторический фон первых открытий в области электричества. Он характеризуется бурным ростом капиталистической торговли и промышленности, разрушением феодальной замкнутости, великими географическими открытиями, развитием мануфактуры, спорадическим применением машин, превращением ветра, а затем воды в энергетическую базу мануфактуры. Он характеризуется также энциклопедической деятельностью Коперника, Леонардо да-Винчи, Ломоносова — революционной борьбой титанических основоположников естествознания против средневековья и наряду с этим распространением в естествознании метафизических фетишей.

Применение магнетизма началось с компаса. Впервые компас открыли китайцы, он упоминается в китайских преданиях о военных и торговых походах. Одно из преданий говорит о применении компаса в 2637 г. до нашей эры.

Из более поздних источников видно, что применение компаса в Китае прекращалось в периоды упадка и несколько раз снова возобновлялось. С 1609 г., как указывает Гумбольдт, в китайских источниках упоминание о компасе больше не встречается вовсе. Но к этому времени компас был уже хорошо известен в Европе. Самая область применения компаса была связана с широким его распространением. Магнитные колесницы водили китайских путешественников, торговцев и воинов из края в край через безбрежные пустыни и степи Азии в область культурных государств, примыкавших к побережьям Средиземного моря. От китайцев компас перешел к арабам, от арабов к крестоносцам. Энгельс отмечает это краткой заметкой: «Магнитная игла от арабов к европейцам около 1180 г.».

Первые упоминания о компасе в Европе целиком подтверждают как дату, так и указания на заимствование компаса у арабов. При этом становится ясной тесная связь «открытия» компаса с военно-торговыми экспедициями на Левант и в Малую Азию. Правда, исландский историк XI—XII в. Фроде утверждал, что Флок Вильгердсон в 868 г. отправился из Роголанда в Исландию, снабдив свой корабль магнитом, но по господствующему мнению это место в рукописи Фроде является позднейшей припиской и действительную историю компаса в Европе следует начинать с XII в. В 1190 г. менестрель Гюйо Прованский в рукописной поэме говорит, что моряки натирают иглу о бурый камень «marinière», к которому прилипает железо, затем укрепляют натертую иглу на соломинках и опускают ее на поверхность воды, после чего она всегда поворачивается на север.

[1] Гессен, Социально-экономические корни механики Ньютона.
[2] З. Цейтлин, Наука и гипотеза.

Через 10—15 лет, в начале XIII в., один из крестоносцев, кардинал-епископ Птоломаиды Яков де-Витри, пишет: «Магнит (diamant) находится в Индии; он притягивает железо по неведомой причине. После того как игла прикасается к магнитному камню, она всегда повертывается к Полярной звезде, которая неподвижна, как ось мира, тогда как другие звезды вращаются вокруг этой Полярной звезды. Таким образом компас может указывать путь мореплавателям». Здесь характерна связь между астрономическими представлениями («Полярная звезда — ось мира») и применением магнитной стрелки,—связь, которая на несколько веков определила пути применения магнетизма и была основана на общей технической задаче — мореплавании. Интересно, что уже тогда прозаическое, явным образом связанное с военно-торговой практикой, заимствование компаса у арабов старались представить в ином виде, более соответствующем всему стилю средневековой схоластики. Крестоносец Людовика Святого Винцент де-Бове в своем «Miroir de la Nature», ссылаясь, повидимому, на арабские источники (книга De Lapide), приписывает эти источники Аристотелю.

Применение компаса сопровождалось его усовершенствованием. В самом начале XIV в. итальянский лоцман Флавио ди-Джиоя, которого Вольтер [1] и Венансон [2] считали изобретателем компаса, начал подвешивать намагниченную иглу в горизонтальном положении. После этого компас приобрел широкое распространение в мореплавании. С переходом от средиземноморского к океанскому мореплаванию быстро выросший масштаб производства и торговли потребовал большего количества и большей силы магнитов. Естественные магниты не удовлетворяли выросших требований. В середине XVIII в. появляются искусственные магниты. В 1746 г., после смерти английского ученого Найта, в «Philosophical Transactione» был опубликован изобретенный им способ намагничивания. Этот способ заключался в том, что закаленный стальной стержень помещался между двумя естественными магнитами, которые водили в противоположных направлениях. В течение 1749 и 1750 гг. Понсо, Варгентин и Митчель усовершенствовали этот способ. Искусственные магниты показали, что магнетизм отнюдь не связан с определенным веществом. В естествознании он получает самостоятельное существование в виде столь характерной для XVIII в. магнитной жидкости.

В области электричества «несравненно высшая ступень развития промышленности и торговли, созданная средневековым бюргерством», не только напомнила о наблюдениях древних, но и дала множество нового материала. Древние наблюдали электрические явления на совершенно ничтожном числе примеров. В 600—580 гг. до нашей эры Фалес заметил, что янтарь, натертый шерстью, притягивает легкие тела. Ряд древних философов говорит все о том же янтаре (Плиний, Страбон, Плутарх и др.). Через 300 лет после Фалеса, Теофраст называет еще один минерал, обладающий подобным свойством.

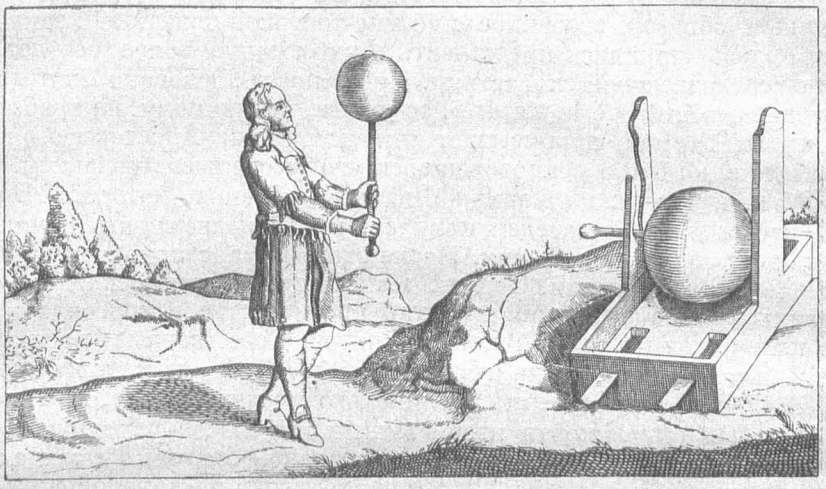
Узкая база древней культуры ограничивала число веществ, знакомых человечеству. Притяжение отнюдь не рассматривалось как следствие особого состояния янтаря. Напротив, оно считалось его специфической и неотъемлемой чертой. Фалес на этом основании считал янтарь одушевленным существом. Поэтому электричества как особого понятия у древних не было.

В XV—XVI вв., когда в Европу хлынул мощный поток новых открытий, явлений и понятий, электричество перестали считать специфическим признаком янтаря. Врач королевы Елизаветы Вильям Джильберт (1540—1603) был одним из первых ученых, которые перешли от повторения аристотельских категорий к наблюдению и экспериментированию. Он создал теорию магнитных явлений [3] и произвел ряд опытов с электрическим притяжением, натирая алмаз, сапфир, стекло, серу, смолу и множество других тел. Электрические свойства оказались

[1] Essai sur les moeurs et l'esprit des nations, Париж 1860, т. III.
[2] De l'Invention de la Boussole nautique, Неаполь 1808.
[3] De Magnete magneticisque corporibus et de magno magnete telluri phisiologia nova, Лондон 1600, Lib. II, Cap. II.

уже не специфической принадлежностью определенного минерала, а особым состоянием ряда различных тел. В соответствии с этим Джильберт в 1600 г. дал особое название причине этого состояния. Впрочем, это название «электричество» отразило первоначально связь электрических явлений с янтарем, так как произошло от греческого слова «электрон», т. е. янтарь.

В XVII в. были обнаружены электрические свойства еще большего количества различных тел. При этом Бойль открыл, что электрическое притяжение является обоюдным, а «Отто фон-Герике наблюдал превращение притяжения в отталкивание при соприкосновении наэлектризованных тел». На грани



Отто фон-Герике (1602—1686) производит свой опыт с отталкиванием наэлектризованных тел

XVII и XVIII в. были открыты новые явления. В 1700 г. англичанин Волл, приближая палец к наэлектризованному янтарю, заметил свечение и треск. Гауксби получил сравнительно большие электрические искры. Эти открытия имели принципиальное значение. Электричество впервые выступило, как единая причина механических явлений (притяжение), звука теплоты и света (искра).

Таким образом великая эпоха, когда новый класс, опрокидывая феодальные рогатки, в невиданных до того размерах расширил кругозор человечества, эта эпоха создала представление об электричестве, как об особой таинственной причине различных явлений, свойственных ряду тел. Это был первый шаг учения об электричестве, оставивший далеко позади представления древних. Второй шаг должен был показать переход электричества от одного тела к другому. Этот шаг был сделан в начале XVIII в. Стефаном Греем[1]. Грей в своих работах продолжал основную линию современного ему учения об электричестве. Она сводилась к расширению круга тел, которые могут быть наэлектризованы. Но при этом он пришел к принципиально новой позиции, так как включил в этот круг проводники. До него считалось, что проводники, например металлы, не могут быть наэлектризованы. Такой взгляд объясняется тем, что при опытах электричество уходило из этих тел через человека в землю. Грей выяснил это обстоятельство и, таким образом, установил движение заряда — переход электричества от одного тела к другому. Он заметил также явления индукции, т. е. появление электричества в телах, которые находятся вблизи от наэлектризованного тела.

Переход электричества от одного тела к другому показал, что различные заряды могут уничтожать друг друга и по-разному действовать друг на друга.

[1] St. ray, Phil Trans., 1731.

Тем самым электричество оказывалось противоположной величиной по отношению к другому электричеству. Отсюда теория двух электричеств, выдвинутая дю-Фэ. Дю-Фэ был первым историком электрической техники. В 1733 г. он представил обзор развития учения об электричестве, доведенный до 1732 г. Его собственные работы продолжили это развитие. Дю-Фэ объединил одной формулой многочисленные явления притяжения и отталкивания тел. «Я открыл,—пишет он,—весьма простой закон, объясняющий массу аномалий и странностей, которые, повидимому, сопровождают электрические явления. Закон этот состоит в том, что все электрические тела притягивают неэлектрические и тотчас же отталкивают их, как только они успели наэлектризоваться от соседства или соприкосновения с первым»[1].

Далее дю-Фэ формулирует теорию разноименных электричеств. «Случай,—пишет дю-Фэ,—дал мне возможность установить другой закон, еще более замечательный и общий, нежели предыдущие, и проливающий новый свет на электричество. Дело в том, что существует два вида электричества, резко отличающиеся друг от друга, которые я назову стеклянным электричеством (électricité vitrée) и смоляным (électricité resineuse). Первое проявляется в стекле, горном хрустале, драгоценных камнях, шерсти и пр., второе—в смоле, янтаре, шелке, бумаге и т. д.»[2].

Отличительным свойством этих двух видов электричества является, по мнению дю-Фэ, то обстоятельство, что одноименные электричества отталкиваются, а разноименные притягиваются.

Здесь характерен прежде всего «смоляной» и «стеклянный» характер классификации — связь каждого из разноименных электричеств с определенными телами. Соответственно и противоположность их представляется абсолютным и неустранимым различием, связанным с различием наэлектризованных тел.

Такой взгляд господствовал в Европе в продолжение всего XVIII в. Причина лежит как в общем характере научных представлений этого века, так и в особенностях развития электрической техники в этот период. В основном эта техника сводилась к получению все больших количеств электричества на основе тех явлений, которые обобщены теорией дю-Фэ.

В 1743 г. Христиан Гаузен (1693—1743) сконструировал электрическую машину с вращающимся стеклянным шаром. В 1748 г. Бозе снабдил эту машину кондуктором — железной трубкой, подвешенной на шелковом шнурке, в которой собиралось электричество. Впоследствии Винклер (1703—1770) по совету лейпцигского токаря Гислинга заменил руку, применявшуюся для трения, начиная с Отто фон-Герике, трущими кожаными подушками и внес некоторые другие усовершенствования[3]. В 1742 г. Гордон заменил стеклянный шар цилиндром, а в 1763 г. Рамсден перешел к стеклянному диску. В 1745 г. Клейст[4] сконструировал прибор, в котором можно было собирать разноименные заряды при помощи двух проводящих поверхностей с изолирующим слоем между ними, — известную лейденскую банку (она была названа лейденской после того, как Кунеус[5] в Лейдене изобрел ее вторично после Клейста). Первоначально лейденская банка состояла из склянки с водой и опущенной в нее проволоки. Проволоку подносили к кондуктору электрической машины, держа склянку в руках. Затем Ватсон (1745) заменил воду в банке и руку, охватывающую ее снаружи, обкладками из металлической бумаги. Впоследствии почти все крупные ученые, работавшие в области электричества, вносили то или иное усовершенствование

[1] См. L. Cahen, Un bicentenaire: Découverte des électricités de signes contraires par C.—F de Cisternay du Fay, Revue Générale de l'Électricité, 30 декабря 1933 г., № 26.

[2] Там же.

[3] Gedanken von den Eigenschaften, Wirkungen und Ursachen der Elektrizität nebst Beschreibung Zweier elektrischer Maschinen, Лейпциг 1744, и Die Eigenschaften der elektrischen Materie und des elektrischen Feuers nebst etlichen neuen Maschinen zum Elektrisieren, Лейпциг 1742.

[4] Gralath, Abh. d. Naturf. Ges. in Danzig, I, 1747.

[5] Cunaeus u. Piete van Muschenbrock, Brief an Réaumur, 1746.

в устройство электрических машин и лейденских банок. При этом большинство из них вплоть до 70-х годов XVIII в. не ставило каких-либо практических задач перед электростатическими машинами и приборами. Кое-кто, правда, применял электрические машины и лейденские банки для медицинских целей, но в большинстве случаев их применяли для лабораторных опытов или просто для эффектной демонстрации нового рода явлений при дворе, в монастырях и университетах и даже во время платных публичных представлений (в Германии и Голландии с 1745 г.). Во всех этих случаях требовались возможно большая электризация, возможно большее накопление противоположных зарядов.

И венецианский врач Пивати, лечивший электричеством больных и сообщивший ряд достаточно фантастических сведений об этом[1], и аббат Нолле, показывавший королю разряд лейденской банки, и аббат Мэнон, изучавший влияние электричества на живые ткани, — все они нуждались в возможно большем накоплении разноименных зарядов. Это требование удовлетворялось последовательным усовершенствованием приборов.

Какова же главная тенденция, пробивавшая себе дорогу во всех этих усовершенствованиях и открытиях? Она заключается в том, что электричество все больше и больше фигурирует в качестве т о к а, в возрастающем применении переходов заряда от одного тела к другому. Эта тенденция вступает во все большее противоречие с ограниченными возможностями электростатики. Основная историческая миссия электричества не могла быть выполнена в рамках о д н о й ф о р м ы э н е р г и и. Эта миссия заключалась в осуществлении универсального перехода одной формы энергии в другую, в создании единой энергетики. Но электрическая техника XVIII в. еще не опиралась на универсальные переходы. Источником электричества было трение, а его основным явлением — и с к р а. Все это — и стремление использовать электричество как ток, и ограниченность электростатики, и значение искры — ярко проявилось в предистории электрического телеграфа.

Уже в 40-х годах XVIII в. пытались разряжать лейденские банки на значительном расстоянии. Такие опыты производил в 1746 г. Винклер, затем ле-Монье и Ватсон (1747). Они хотели определить скорость электричества и не ставили перед собой практических задач. Во второй половине XVIII в. положение изменилось. В 1767 г. итальянский иезуит Бозолус предложил воспользоваться разрядом лейденской банки для передачи известий. Для этого он считал нужным провести две проволоки, одну от внутренней, другую от внешней обкладки банки. Концы проволок на станции, принимающей сигналы, должны были находиться на таком расстоянии, чтобы между ними могла проскочить искра. Через несколько лет Лессаж в Женеве провел между двумя отдаленными пунктами 24 проволоки, к концу каждой проволоки была подвешена пара шариков из сердцевины бузины с буквами, и каждый раз, как по одной из проволок проходил ток, наэлектризованные шарики расходились и указывали передаваемую букву. Революция значительно усилила поток подобных предложений. В 1782 г. анонимное письмо, помещенное в «Journal de Paris» от 30 мая и в «Le Mercure de France» от 8 июня, предлагает провести под землей в деревянных трубах, наполненных смолой, 24 пары позолоченных проволок. Каждая пара соединена в одном пункте с обкладками лейденской банки, а в другом освещает искрой передаваемую букву. В конце 80-х годов была осуществлена передача известий по о д н о й п р о в о л о к е. Французский механик Ломонд пользуется различными отклонениями наэлектризованного смоляного шарика, и з м е р я ю щ и м и в е л и ч и н у заряда, причем углы отклонения соответствуют передаваемым буквам. В своем «Путешествии во Францию» Артур Юнг следующим образом описывает этот опыт. «Вы пишете,—говорит он,—два или три слова на бумаге, он (Ломонд) берет их с собой в комнату и поворачивает машину в цилиндрическом ящике, наверху которой

[1] Della elettricita medica, lettera del chiarrisimo signoreggio Franciscko Pivati al celebre signore Maria Zanotti, 1747.

находится электрометр с маленьким смоляным ящиком, подвешенным на шелковой нити; латунная проволока соединяет его с подобным же цилиндром и электрометром в отдаленной комнате, где его жена наблюдает движение соответствующего шарика, пишет слова, которые он показывает. Отсюда видно, что Ломонд составил азбуку движения. Так как длина латунной проволоки не делает разницы в действии, то вы могли бы таким образом посылать сообщение на большие расстояния, как, например, в осажденный город».

В. ФРАНКЛИН
1706 — 1791

Подобные опыты производились и за пределами Франции. В 1794 г. швейцарский ученый Рессер письмом в «Magazin für das Neueste aus der Physik» предложил следующее устройство: «На обыкновенном столе укрепляется в вертикальном положении квадратная доска, к которой прикрепляется стеклянная пластинка. На последней приклеиваются маленькие квадраты из листа жести, вырезанные наподобие окон, причем каждый соответствует букве азбуки. С одной стороны от этих маленьких квадратиков тянутся длинные проволоки, заключенные в стеклянные трубки, которые идут под землей в тот пункт, куда надо передать депешу. Там отдаленные концы соединяются с жестяными полосками, также помеченными буквами в азбуке. Свободные концы всех квадратиков соединяются с одной обратной проволокой, которая идет к передаточному столу. Если теперь кто-нибудь прикоснется наружной облицовкой лейденской банки к обратной проволоке и соединит внутреннюю облицовку со свободным концом куска железа, соответствующего той букве, которую нужно показать, то появятся искры как у близкого, так и у отдаленного жестяного квадратика, и дежуривший там корреспондент запишет буквы».

Бекман упростил этот способ, откинул сложную систему многочисленных проволок и пластинок и предложил обходиться одной парой проволок и системой условных сочетаний искр. Рессер и Бекман предлагали для вызова принимающей станции производить выстрел из пистолета при помощи электрической искры.

В 1795 г. появляется целый ряд изобретений в этой области, в частности во Франции Ковалло производит опыты передачи сигнала по латунным проволокам при помощи комбинаций искры и пауз. Одновременно производится ряд других опытов. Но в это время уже становится ясным, что статическое электричество по своей природе не подходит для передачи сигналов и известий в отдаленные пункты. Даже удачные попытки не получают практического применения. В эти годы развивается несравненно более простой, надежный и выполнимый оптический телеграф. Клод Шапп в 1792 г. представил законодательному собранию проект ряда семафоров, которые были в 1794 г. установлены между Парижем и Лилем. Первой телеграммой, переданной таким путем, было одно из постановлений Комитета общественной безопасности. Взрывая феодальную разобщенность, якобинская диктатура впервые применила оптический телеграф.

Приблизительно в то же время в Испании Сальва предлагает систему лейденских банок и проволок для сообщения между городами и в 1798 г. строит при помощи французских инженеров линию между Мадридом и Аранжуэцом протяженностью в 42 *км*. На этом опыте выявились недостатки статического электричества, и в 1804 г. в статье с характерным названием: «Гальванизм в приложении к электричеству», Сальва предлагает воспользоваться уже изобретенным в это время вольтовым столбом.

Таковы были пути электрической техники в Европе. В иных условиях она развивалась в Америке. Здесь не было придворных научных центров просве-

щенного абсолютизма, как не было монастырей-университетов и университетов-монастырей. Здесь наука должна была удовлетворять непосредственные практические нужды мельников, лесорубов, корабельщиков, кожевников, рыболовов, охотников, суконщиков — американских ремесленников и буржуа. Это наложило отпечаток на работы Вениамина Франклина — мыловара, типографщика, естествоиспытателя и одного из борцов американской революции.

Франклин наиболее полно воплотил в своих работах специфический характер американской науки, и с него начинается новый период в развитии представления об электричестве. «С этого периода, — пишет Гумбольдт, — электрический процесс переходит из области спекулятивной физики в область миросозерцания, из тесноты кабинета на свободу природы».

Начиная с 1745 г. Франклин изучал явления атмосферного электричества. Около этого времени мысль об электрической природе молнии была высказана Нолле, который в IV томе своих «Leçons de physique» пишет: «Если бы кто-нибудь пожелал привести доказательства того, что электричество при наших опытах имеет то же происхождение, что и гром в природе, что чудеса, которые мы производим по нашему желанию, суть лишь подражание грандиозным эффектам, ужасающим нас, и что эти, повидимому, разнородные явления вызываются одними и теми же фактами, я должен был бы сознаться, что эта возвышенная идея меня очень привлекает. Распространенность электричества, быстрота его действия, способность воспламенять другие тела заставляют меня верить, что с помощью электричества можно составить себе более точное представление о громе и молнии, чем каким-либо другим путем».

Франклин гораздо конкретнее и точнее отмечает сходство электрической искры и молнии. В 1749 г. он пишет в одном из писем: «Электрическая искра зигзагообразная, а не прямая: такова же и молния. Заостренные тела притягивают электричество: молния ударяет в горы, деревья, шпицы, мачты и трубы. Когда для прохождения электричества есть несколько путей, то оно выбирает наилучший проводник, то же самое делает и молния. Электричество воспламеняет горючие тела, так же как и молния. Электричество расплавляет металлы, как и молния. Молния разрушает худые проводники, когда она ударяет в них, так же делает и электричество, когда оно становится достаточно сильным. Молния изменяет полюсы магнита, такое же действие оказывает и электричество».

Широкий круг наблюдений позволил Франклину подробно разработать способ получения электрической искры и заряда за счет атмосферного электричества. Он предложил установить на большой высоте острый стержень, через который атмосферное электричество будет стекать в лабораторию. Опыты были отсрочены до постройки большого шпица в Филадельфии. Однако немедленно после того как Франклин указал, каким образом можно получить электричество из атмосферы, в Европе попытались осуществить предложенную им схему.

Первым за это взялся французский ботаник и физик д'Алибар. В 30 *км* от Парижа он поставил железный стержень в 40 футов и поручил отставному солдату Куаффье следить за установкой. 10 мая 1752 г., когда началась гроза, Куаффье получил большие искры из стержня и вместе со священником, срочно вызванным из ближайшей деревни, зарядил лейденскую банку. Неделей позже Делор получил те же результаты в Париже, а затем и ряд других европейских ученых получили электрические искры при помощи длинных металлических стержней во время грозы. В 1753 г. погиб Георгий Рихман—первая жертва этих опытов,— производивший их совместно с Ломоносовым. 6 августа при приближении грозы Рихман поспешил с заседания в Академии наук домой к установке, сделанной по плану Франклина, и как только он подошел к ней, был убит разрядом.

Между тем Франклин, не дождавшись постройки шпиля в Филадельфии, применил новый способ получения электричества из атмосферы. В июне 1752 г., еще не зная об опытах д'Алибара, он сделал змея из шелкового платка и снабдил его металлическим острием. Змей был пущен в окрестностях Филадельфии на пеньковом шнуре, который на земле был привязан к ключу. Ключ, в свою оче-

редь, был изолирован шелковой лентой, за которую и держал его Франклин. Во время грозы, как только дождь намочил шнур, Франклин получил из ключа электрические искры и зарядил лейденскую банку.

Изучение атмосферного электричества шло рядом с практическим применением полученных знаний. Уже в 1749,50 г. Франклин предлагает отнимать электричество от облаков заостренными прутьями и этим избегать ударов молнии. В 1760 г. им был установлен первый громоотвод, а в 60—70-х годах XVIII в. громоотводы распространились не только в Америке, но и в Европе. Таким образом с именем Франклина связано первое широкое практическое применение открытий в области электричества. Франклин был для американской буржуазии героем ее революционной политической борьбы и в то же время поставил электрическую технику на службу ее практических нужд. Американская буржуазия отметила это эпитафией на могиле Франклина: «Он молнию отнял у неба и власть у тиранов...».

Новый круг явлений (атмосферное электричество) и новые технические принципы (громоотвод) отразились и в теории электричества. Вместо теории двух электричеств появилась предложенная Франклином теория одного электричества. Франклин считал положительные и отрицательные заряды выражением избытка и недостатка электричества, отклонением от нормального количества его. Электризацию он рассматривал как переход электричества от одного тела к другому. В результате такого перехода в одном теле получается избыток — положительный заряд, а в другом оказывается недостаток электричества — отрицательный заряд. «Для того чтобы наэлектризовать положительно или отрицательно, надо только знать, что части трубки или шара, которые трутся, притягивают при трении электрический огонь и, следовательно, отнимают его от трущего предмета. Те же самые части, как только трение по ним прекратится, готовы отдать огонь, который они получили, какому угодно телу, у которого его меньше».

Эта точка зрения получила развернутую форму в работе Эпинуса («Tentamen Theoriae Electricitatis et Magnetismi»), изданной в 1759 г. в Петербурге. Эпинус утверждает, что 1) все тела содержат электрическую жидкость, частицы которой взаимно отталкиваются; 2) эта жидкость движется в порах тел; 3) электрические явления связаны с уравновешиванием этой жидкости.

И теория одного электричества (Франклин) и теория двух электричеств (дю-Фэ, Симмер) понимали под электричеством особую невесомую ж и д к о с т ь. Механический характер спорадически применявшейся машинной техники и в частности гидромеханическая база мануфактуры наложили свой глубокий отпечаток на первые представления об электричестве. К а р т е з и а н с к и е м е х а н и ч е с к и е т е о р и и э ф и р а, г и д р о д и н а м и ч е с к и е а н а л о г и и, д а в ш и е н а ч а л о т а к и м п о н я т и я м, к а к т о к, и с т е ч е н и е и т. п.— т а к о в и т о г XVI—XVIII вв. д л я т е о р и и э л е к т р и ч е с т в а.

Представление об эфире как о причине электрических явлений было в особенно яркой форме изложено Эйлером. «Эфир, — говорит он в «Письмах к немецкой принцессе», — эта тонкая материя, действительное существование которой я уже ранее доказал вашему высочеству, — совершенно достаточен для того, чтобы естественнейшим образом объяснить самые поразительные из электрических явлений».

Эйлер говорит также о еще более тонкой магнитной жидкости: «...вода, как нам известно, содержит в своих порах частицы воздуха..., а воздух, в свою очередь, как одинаково хорошо известно, содержит в своих порах сравнительно более легковесную жидкость, а именно — эфир, который во многих случаях отделяется от него, как в электричестве; теперь мы видим дальнейшую ступень: эфир содержит еще более легковесную материю магнитную, которая в свою очередь, может быть, содержит другие еще более легковесные вещества».

Картезианские представления оперировали и с т е ч е н и я м и э л е к т р и ч е с к о й ж и д к о с т и. Электрическая атмосфера, т. е. среда, объясняю-

щая электрические явления, была любимым выражением картезианцев. Однако уже Эпинус отказался от этой идеи и ввел в учение об электричестве принцип действия на расстоянии. Таким образом в эту область вошло второе следствие механической ограниченности эпохи. Широкое распространение принципа дальнодействия в теории электричества шло рука об руку с промышленным применением механических знаний и было связано с первым промышленным переворотом — механической революцией в исполнительном механизме.

II. Английская электрохимия

Технический переворот в Англии, машинная текстильная индустрия и возникновение химической технологии. Химические работы Дэви. Открытие гальванического электричества (Гальвани, Вольта) и влияние этих открытий в Англии. Работы Никольсона. Работы Дэви в области электричества.

Как повлияла на учение об электричестве первая промышленная революция в ее классической форме? Какие формы приняло это учение в Англии в результате переворота в исполнительном механизме? Сам по себе этот переворот был механическим, но он вызвал «механически-химическую» революцию в смежных отраслях. «Машинное прядение выдвинуло необходимость машинного ткачества, а оба вместе сделали необходимой механически-химическую революцию в белильном, ситцепечатном и красильном производстве» [1].

Широкий рынок был одной из причин промышленного переворота, и результатом его была широко развернувшаяся текстильная индустрия. Хлопчатобумажная промышленность, опираясь на машины, стала основной промышленностью Англии. Для того чтобы проиллюстрировать ее масштаб, приведем цифры ввоза хлопка в Англию:

Годы	Ввоз хлопка-сырца в фунтах	Годы	Ввоз хлопка-сырца в фунтах
1701	1 000 000	1789	32 576 000
1771	4 760 000	1799	43 000 000
1781	5 300 000	1800	56 000 000
1784	11 482 000	1802	60 500 000

Такие размеры хлопчатобумажного производства потребовали, в неслыханных до того количествах, серной кислоты, соды и хлорной извести для беления, крашения и печатания бумажных тканей. Поэтому в конце XVIII в. в Англии возникает развитая химическая промышленность. Основными материалами, с которыми имели дело английские химики, были: соляная и серная кислота, поваренная соль, хлор, гашеная известь и ряд щелочей. Основными процессами, интересовавшими английскую химию, были реакции соединения, разложения и обмена, т. е. именно то, что составляет специфику химии, ее «главную форму движения».

Это определило пути теоретической химии в Англии. Здесь впервые в основу химии легли специфические для нее принципы прерывности, кратных отношений, постоянства состава. Тем самым, т. е. открытием, и атомистической гипотезой Дальтона было положено действительное начало научной химии. Но еще раньше качественные различия стали основой английской химии. Открытие Лавуазье вызвало по ту сторону канала не меньший, если не больший интерес, чем на родине. В частности, работы Лавуазье в конце 90-х годов XVIII в. усердно штудировались Гемфри Дэви — молодым учеником аптекаря и хирурга в городке Пензенс в Корнуэльсе.

[1] «Капитал», т. I, стр. 290.

А. ГАЛЬВАНИ
1737—1798

Дэви применил методы химического анализа к новому материалу, доставленному техническим переворотом. Он начал с изучения свойств газов. В 1799 г. он начал работать в медицинском «Пневматическом институте» и открыл удивительные свойства «веселящего газа» — закиси азота. С 1801 г. Дэви работает в Королевском институте. Здесь он живо откликается на практические запросы хозяйства: по поручению министерства земледелия изучает химию растений, конструирует безопасную лампочку для шахтеров и т. д. Но основные его работы относятся к щелочам и хлору, имевшим особенное значение для английской промышленности после технического переворота. Здесь Дэви удалось, во-первых, *разложить щелочи*, установить их сложную природу и, во-вторых, выяснить природу хлора. Этого было бы достаточно, чтобы занять почетное место в истории химии, но работы Дэви стали сверх того поворотным пунктом и в истории *электрической техники*. Он применил в химических процессах в качестве агента новые явления из области электричества и передал созданную таким образом *электрохимию* в руки Фарадея.

Новые электрические явления, о которых идет здесь речь, — это гальванические явления. Врачи XVIII в. неоднократно изучали действие электричества на живые ткани, пользуясь электростатическими машинами и атмосферным электричеством. В 1786 г. Алоизий Гальвани, профессор анатомии Болонского университета, заметил сокращение мышц препарированной лягушки, когда ее трогали ножом, лежавшим вблизи кондуктора электрической машины. Гальвани повторил этот опыт, подвешивая лягушку на проволоке к громоотводу, и, наконец (в 1789 г.), просто подвесил лапки лягушки на медном крючке к железным перилам балкона. Мышцы лягушки сильно сокращались каждый раз, когда они касались перил. Налицо был новый источник электричества, который производил те же действия, что и лейденская банка. Гальвани в вышедшей в 1791 т. работе[1] приписал телам животных особый род электричества. По его мнению положительное электричество идет к нервам, а отрицательное — к мускулам. Нервы и мускулы являются как бы двумя обкладками лейденской банки, и разряд происходит, когда их соединяют металлическим проводником. Однако Вольта в Павии, продолжая опыт Гальвани, пришел к совершенно иному взгляду. Вольта обратил внимание на то обстоятельство, что проволоки во всех опытах состояли из двух различных металлов, и приписал возникновение электричества *контакту двух металлов*. В этом направлении он и производил дальнейшие опыты. Вольта пользовался конденсатором из цинковой и медной пластинок с тонким изолирующим слоем шеллака между ними и соединил одну из пластинок с электроскопом. Когда проволока, прикрепленная к одной пластинке, касалась другой, они заряжались. Этот заряд Вольта приписал *электродвижущей силе контакта* двух проводников и рядом опытов установил зависимость этой силы от выбранной пары металлов. Вольта не видел химической природы возникновения заряда, но практически пришел к тому, что стал опускать медные и цинковые пластинки в кислоту. При этом в каждой паре создавалась приблизительно такая электродвижущая сила, какая позже стала практической единицей напряжения и была названа *вольтом*. Вольта соединил эти пары друг с другом в столбах, состоявших из медных и цинковых дисков с суконными или бумажными кружками, пропитанными кислотой,

[1] Aloysii Galvani de Viribus Electricitatis in Motu Musculari Commentarius.

А. ВОЛЬТА
1745—1827

между ними. Такая батарея гальванических элементов была названа вольтовым столбом.

Каково значение Вольта в истории электрической техники? Прежде всего благодаря его открытиям электрическая техника получила источник непрерывного тока. Эта непрерывность выражала непрерывное превращение одной формы движения в другую. Энгельс противопоставляет вольтово-динамическое электричество, непрерывно возникающее из другой формы движения, статическому, где такого перехода нет. «Статическое электричество, или электричество от трения, получается от переведения в состояние напряжения, имеющегося в природе—в форме электричества, но в состоянии равновесия, в нейтральном состоянии — готового электричества. Поэтому и уничтожение этого напряжения происходит — если и поскольку электричество имеет возможность распространяться — сразу, в виде искры, восстанавливающей снова нейтральное состояние. Наоборот, динамическое, или вольтово, электричество происходит от превращения химического движения в электричество. Оно получается при известных определенных обстоятельствах из растворения цинка, меди и т. д. Здесь напряжение носит не острый характер, а хронический. В каждый момент порождается новое + и — электричество из какой-нибудь другой формы движения, а не разделяется на + и — имеющееся уже налицо ± электричество. Весь процесс носит текучий характер, поэтому и результат его: электричество не является мгновенным напряжением и разряжением, а постоянным током, способным снова превратиться на полюсах в химическое движение, из которого он вышел, и это называют электролизом»[1].

Вольта не понимал химического происхождения тока в его элементах. Но именно эти элементы дали теории электричества оружие для такого понимания. В его работах электричество впервые выступило как ток, как общая форма энергии, через которую одна форма энергии превращается в другую. Поэтому Фарадей, больше всех и пользовавшийся этот принцип в своей теории, а гальванический ток—в своих экспериментах, пишет о Вольта, что «он первый сделал пролом в умственной темноте и открыл дорогу в неизвестное до того знание».

Еще раньше открытий Вольта плоский конденсатор позволил Лавуазье и Лапласу заметить выделение электричества при растворении железа или углекислого кальция в кислоте. Пристлей еще в 1772 г. показал разложение воды. Кавендиш заметил получение азотной кислоты в воздухе при прохождении электрической искры. Бартоле разложил искрой аммиачный газ (1785 г.). Однако только гальваническое электричество, только вольтов столб, и притом на английской почве, создали электрохимию.

Новое открытие вооружило английских химиков. Открытие Вольта, сделанное в 1796 г., было опубликовано (в Англии) в 1800 г. В том же году Вильям Никольсон и Антоний Карлейль открыли электролиз. Они пользовались столбом из 17 серебряных монет в полкроны, медных дисков и суконных кружков, пропитанных раствором поваренной соли. Когда концы проволок были опущены в воду, из нее начинали выделяться пузырьки. Никольсон обнаружил, что это—пузырьки водорода. Затем Никольсон и Карлейль впаяли медные проволоки в трубку с водой и заметили, что на отрицательном полюсе появляется водород, а положительный полюс окисляется. Заменив медные проволоки платиновыми, они получили и на положительном полюсе газ — кислород.

[1] «Диалектика природы», стр. 148—149.

Работы Никольсона были продолжены Дэви. Уже в 1801 г. он приступает к продолжению опытов Вольта. Его первое сообщение в Королевском институте в июне 1801 г. называлось «Описание некоторых гальванических соединений, образуемых размещением отдельных металлических пластинок и жидкостей, подобно новому гальваническому прибору Вольта». Опыты Дэви дали ряд новых элементов из пластинок разных металлов и из металлических и угольных пластинок. Однако основное открытие Дэви заключалось в применении электролиза к разложению щелочей. Действием тока он выделил из щелочей калий и натрий. Результаты своих опытов он опубликовал в 1807 г. во второй «Bakerian Lecture» в Королевском обществе: «О некоторых новых случаях химических изменений, вызванных электричеством, в частности о разложении нелетучих щелочей и о выделении новых веществ, которые являются их основаниями, а также об общей природе щелочных тел» [1]. Парижская академия поручила Гей-Люссаку и Тенару проверить результаты опытов Дэви. Они целиком подтвердились. Дэви удалось доказать элементарную природу хлора (третья, четвертая и пятая «Bakerian Lecture»).

На основе проделанных опытов Дэви выставил электрохимическую теорию, объединявшую электрические и химические явления. «Из результатов моих опытов в 1801, 1802 и 1803 гг., — пишет Дэви, — и других новых фактов, которые показали, что огнеупорные вещества и кислород, щелочи и кислоты, благородные и окисляющиеся металлы, — все имеют связь с явлениями положительного и отрицательного электричества, я заключил, что соединение и разложение электричеством могут считаться явлениями, аналогичными с теми, которые следуют закону электрического притяжения и отталкивания» [2].

Большой заслугой Дэви является значительное усовершенствование и увеличение размеров гальванических приборов. С этим связано и открытие вольтовой дуги. Соединив проволоки большой гальванической батареи Королевского института (2000 двойных пластинок) с углями, Дэви получил между концами углей большую дугу (1810 г.). Правда, еще раньше были опубликованы сообщения о подобных опытах. «Journal de Paris» в номере от 22 вандоза 10 года (март 1802 г.) сообщает, что гражданин Робертсон, изобретатель фантасмагории..., получает при сближении углей ослепительную искру; в 1803 г. в Петербурге выходит «Известие о гальвано-вольтовских опытах профессора физики Медико-химической академии Василия Петрова», где упоминаются «яркий белый свет и пламя».

Упомянутые работы были произведены Дэви в течение двух первых десятилетий XIX в. В 1813 г. он поехал на континент, где непосредственно общался с Ампером, Гумбольдтом, Гей-Люссаком, Кювье, Лапласом и производил опыты совместно с некоторыми из них. Эта поездка входит в историю учения об электричестве, главным образом, потому, что в ней в качестве слуги и ассистента Дэви участвовал Михаил Фарадей.

III. Французская электродинамика

Экономика предреволюционной Франции. Буржуазия накануне революции. Рационализм и вытеснение картезианства. Особенности технического переворота во Франции. Влияние революции и наполеоновских войн. Военная техника и особенности научно-технического развития Франции. Количественный характер и идея непрерывности во французской химии. Геодезия. Уровень измерительной техники. Измерительная техника, количественный анализ и электростатика. Работа Кулона. Математический анализ и гальваническое электричество. Работы Эрстеда, Био, Савара, Араго. Работы Ампера.

Совершенно иной тип электрической техники и учения об электричестве возник в ту же эпоху во Франции, где Био, Араго и Ампер создали чрезвычайно важные звенья электрической техники (электромагнит) и учения об электричестве (электродинамика). Непосредственные корни этих работ восходят

[1] Гемфри Дэви, О некоторых химических действиях электричества, ГТТИ, 1933.
[2] Там же.

к Кулону. Основа их — особенности экономического развития Франции на рубеже XVIII и XIX вв. Здесь первая промышленная революция произошла без химического аккомпанемента, связанного с масштабами текстильной индустрии, но зато имела потрясающей силы аккомпанемент великой революции и наполеоновских войн.

Континентальная Европа вступила на путь промышленного переворота с большим запозданием по сравнению с Англией. Если в Англии этот переворот происходил в классической форме, то на континенте и в особенности во Франции его форма была чрезвычайно своеобразной. Промышленный капитал, совершая революцию на континенте, опирался на технические достижения Англии. С этими достижениями в известной степени связана и великая французская революция. Лассаль говорит, что «первым событием французской революции была ткацкая машина Аркрайта». Но, заимствуя из Англии новые машины и приглашая английских мастеров, Франция встретила в этом государстве мощного конкурента. С другой стороны, французский промышленный капитал имел против себя не только врага за каналом, но и внушительную систему феодальных пережитков в своей стране. Великая революция, наполеоновские войны, континентальная блокада — свыше тридцати лет непрерывного штурма, направленного против старого порядка и английской промышленности, — наложили глубокий отпечаток на экономическое развитие Франции и всего континента.

Перед революцией Франция обладала группой сравнительно крупных и технически передовых предприятий. Однако общий фон экономической жизни находился в полном противоречии с этой группой и характеризовался крайней отсталостью хозяйства, безжалостным разорением и неимоверной нищетой крестьянства. К этому присоединялась сила английской конкуренции, с которой тщетно боролась французская промышленность. Борьба против английской конкуренции была одним из основных требований французской буржуазии накануне революции. В наказе при выборах в генеральные штаты в 1789 г. купечество города Труа первым пунктом требует: «Если, вопреки всеобщим требованиям, разрыв торгового договора с Англией будет отложен, то нужно во избежание его вредного действия увеличить пошлины на английские товары. Этот договор нанес роковой удар промышленности Труа и неминуемо вызовет ее разрушение, если генеральные штаты не примут немедленно самых энергичных мер»[1]. Это одна из первых формулировок классовых интересов французской промышленной буржуазии, во имя которых 10—15 лет спустя Наполеон организовал континентальную блокаду против Англии, покрыв Европу сотнями таможен и тысячами трупов.

Внутри Франции тормозом капиталистического развития была система феодальных пережитков. Крестьянство было обременено чиншем — рентой в пользу сеньоров, сбором с продажи земли, полевым оброком, «подымным» сбором, платой за паромы, за привоз на ярмарки и даже «за пыль, поднимаемую скотом на дорогах». К этому присоединялись многочисленные и унизительные повинности, косвенные налоги (особенно на соль) и наиболее ненавистное из феодальных прав — право охоты. Эта эксплоатация в пользу паразитической аристократии и церкви естественно уменьшила базу капиталистической эксплоатации.

Серьезным препятствием для капитализма была феодальная раздробленность Франции. Страна состояла из множества территорий с самостоятельными судьями, с самостоятельными системами мер и с колоссальным количеством самостоятельных местных сборов и пошлин.

Своеобразное сочетание высокого технического уровня промышленной базы с ничтожным количественным масштабом ее и враждебным окружением сказалось на грани XVIII и XIX вв. на развитии хозяйства, техники и науки. Раскаленная атмосфера классовой борьбы, величайшее напряжение классовых сил, широта и размах революции,—весь этот высокий потенциал буржуазного насту-

[1] Cahiers de doléances du baillage de Troyes, publiés par I. I. Vernier, 1909, p. 66.

пления, который нашел свое высшее выражение в якобинской диктатуре, определил характер предреволюционного мировоззрения буржуазии. Ее теоретики стремились пересмотреть и переделать всю сумму человеческих знаний, и энциклопедия Дидро была в этом смысле предшественницей «Декларации прав человека и гражданина».

Критерием для этого пересмотра был разум. «Великие люди, просветившие французские головы для приближа шейся революции, сами были крайними революционерами. Никаких внешних авторитетов они не признавали. Религия, взгляды на природу, общество, государство — все подвергалось их беспощадной критике, все призывалось пред судил ще разума и осуждалось на исчезновение, если не могло доказать своей разумности» [1]. Метафизика XVII в. не выдержала этого испытания. К этому времени она потеряла светское, естественно-научное содержание. Положительные науки отделились от метафизики. «И это как раз в то время, когда реальные сущности и земные вещи начали сосредоточивать на себе весь интерес. Все богатство метафизики ограничилось теперь только миром идей и божественными предметами. Метафизика стала плоской» [2]. Французская буржуазия строила мануфактуры, готовилась к борьбе против абсолютизма, против церкви, против Англии. «Ее антитеологической, антиметафизической, материалистической практике должна была соответствовать антитеологическая, антиметафизическая, материалистическая теория» [3].

Такой теорией был французский материализм XVIII в. «Французское просвещение XVIII столетия, и в особенности французский материализм представляет собою не только борьбу против существующих политических учреждений религии и теологии, но также открытую ясно выраженную борьбу против метафизики XVII столетия и против всякой метафизики вообще — против метафизики Декарта, Мальбранша, Спинозы и Лейбница» [4]. Это не значит, что французский материализм целиком отказался от взглядов Декарта. Напротив, от Декарта пошло одно из направлений французского материализма, именно механический материализм, который «переходит во французское естествознание». «Механический французский материализм,—говорит Маркс, — примкнул к физике Декарта в противоположность его метафизике» [5]. Однако это значительно изменило картезианскую картину мира и, в частности, представления о природе электричества.

Мы видели, что техническая база буржуазной Франции заключалась в заимствованных из Англии механизмах, представлявших собою приложение механических знаний предыдущего века. Соответственно и естествознание не давало достаточно материала для идеи развития и в особенности для понимания качественных переходов одной формы движения в другую. Поэтому материализм XVIII в. был механическим. Метафизическая ограниченность его получила поддержку также из Англии, в учении Локка. Опираясь на него, французский материализм и французское естествознание перенесли центр тяжести научного исследования из того круга вопросов, которыми занимался Декарт, в область систематизации «ощущений» и количественного анализа явлений. При этом картина мира, заполненного материей, нарисованная Декартом, все больше сменяется не только ньютонианской картиной пустого пространства с действующими на расстоянии массами, но и вообще чисто формальной, отвлеченно математической трактовкой физических процессов.

Таково содержание идей, сложившихся перед революцией и оказавших влияние на развитие теории электричества. Влияние этих идей было настолько значительным, что позволяет говорить об особом этапе в истории развития учения об электричестве. Если в первой половине XVIII столетия в этой области

---

[1] Маркс и Энгельс, Соч., т. XIV, стр. 17.
[2] Маркс и Энгельс, Соч. т. III, стр. 155—156.
[3] Там же, стр. 153.
[4] Там же, стр. 15—17.
[5] Там же, стр. 154.

безраздельно господствовали картезианские представления, то во второй половине века эти представления постепенно сменяются новыми. Работы Ньютона проникают на континент. Старые картезианцы (Бернулли, Эйлер, Кавальери, Кассини, Меран и др.) сопротивляются, но уступают одну позицию за другой. В физике XVIII столетия к концу века побеждает идея дальнодействия. Для электричества и магнетизма это означает, что к старой метафизике специфических жидкостей прибавляется новая метафизика. Жидкостям приписывае ся способность действовать на расстоянии. Впрочем, это уже не те жидкости, которые фигурировали в теориях Декарта и Эйлера. Победивший формально-метафизический метод целиком свел их роль к указанной способности.

Новый взгляд был все же метафизической формой п о с т у п а т е л ь н о г о д в и ж е н и я представлений об электричестве и электрической технике. Дальнодействие было специфическим принципом ньютонианской метафизики, точно так же в представлении об электрических и магнитных жидкостях явно видна картезианская метафизика. Но когда учение об электричестве и магнетизме перешло от теории жидкостей к дальнодействию, вернее, когда теория жидкостей была изменена и дополнена принципом дальнодействия, то в основе лежало расширение наблюдений и приобретение новых знаний.

От наблюдения скры центр тяжести переместился к изучению электрического и магнитного поля, причем к количественному изучению его. Непосредственные причины этого лежат уже не в общем характере технического и общественного развития, а в некоторых специфических отраслях хозяйства.

После того как «победа третьего сословия...» свелась к завоеванию политической власти социально-привилегированной частью его — имущей буржуазией», начинается период наполеоновских войн и континентальной блокады. В этот период и вслед за ним машинная индустрия распространяется на континенте. Одновременно под крылом Наполеона специфическими путями развивается научная база промышленной техники.

Мы видели, что возникновение электрохимии было непосредственно вызвано химической технологией, связанной с массовым характером машинной текстильной индустрии в Англии. Во Франции химия развивалась в ином направлении. В годы континентальной блокады ждали, что химия принесет освобождение от необходимости ввоза колониальных товаров. В 1810 г. министр внутренних дел Монталиве, докладывая Наполеону о бедствиях, связанных с недостатком колониальных товаров, выражает надежду, что «успехи химии» создадут заменяющие продукты. Эти надежды не оправдались. Континентальная блокада держалась не техническими достижениями французской промышленности, а непрерывными войнами. Химия прежде всего занималась изготовлением взрывчатых веществ. Нужно подчеркнуть следующее: французская химия занималась не химическими превращениями, как в Англии, а достижением физических эффектов, изменениями температуры, упругости и тому подобными явлениями, имевшими военное значение. Но эти процессы относятся к «побочной форме движения» в химии, они им ют н е п р е р ы в н ы й характер и инструментом для их изучения служит математический количественный анализ и, в первую очередь, анализ бесконечно малых. Отсюда математический характер французской химии. Математика играла важную роль в работах французских химиков начала века, и математики были их ближайшими сотрудниками. Характерная и даже символическая картина — это сорокалетняя дружба Бертоле и Монжа и их совместное участие в наполеоновских походах. Наполеон поручил Бертоле организацию научной части египетской экспедиции. Знаменитый химик выполнил это поручение совместно с не менее знаменитым математиком, причем их работы и имена во время экспедиции были так тесно связаны, что солдаты спорили: кто из двух является «ученым Монж-Бертоле».

Если французская химия была в высокой степени проникнута математикой и опиралась на измерительную технику, то еще больше это относится к геодезии. Здесь связь с военной практикой не требует пояснений. На рубеже XVIII

и XIX вв. геодезия сыграла колоссальную роль в техническом и научном развитии. Еще до революции геодезические и топографические работы способствовали объединению государства и были объективно направлены против провинциально-феодальной замкнутости. Потом эти работы стали орудием войны. С конца XVIII в. ряд крупнейших изобретений и открытий принадлежит офицерам французской армии и прежде всего военным топографам. Развитие в этой области зависело от совершенствования измерительных приборов.

АНДРЭ МАРИ АМПЕР
1775—1836

В области электричества коней XVIII в. отмечен распространением измерительных приборов, основанных на электрическом притяжении и отталкивании, и применением математических методов для анализа электрических явлений.

В 80-х годах XVIII в. Шарль Огюстен Кулон в наиболее яркой форме и наиболее полно применил к электричеству и магнетизму методы точного измерения и математического анализа. Кулон был армейским офицером, затем стал инженером по крепостным и гидротехническим сооружениям. Он работал, главным образом, в области точных измерений. Кулон изучал кручение, сначала шелковых нитей и волос, затем тонких металлических проволок и в 1784 г. опубликовал описание своих приборов и опытов [1].

Знаменитые крутильные весы Кулона состояли из длинной шелковой нити и подвешенной на ней легкой горизонтальной стрелки с маленьким наэлектризованным шариком на одном конце и противовесом на другом. Верхний конец нити прикреплялся к винту и мог закручиваться в разные стороны. Когда к наэлектризованному шарику крутильных весов подносили другой заряженный шарик, стрелка изменяла свое положение. Чтобы вернуть ее обратно, надо было закрутить нить на определенный угол. Таким образом сила взаимного отталкивания или притяжения шариков уравновешивалась и измерялась силой кручения нити, пропорциональной углу кручения. Такие весы обладали чрезвычайно большой чувствительностью. В одном из своих мемуаров, представленных Французской академии в 1785 г., Кулон утверждал, что каждый градус угла кручения соответствует силе в $\frac{1}{1\,540\,000}$ *г*, и стрелка, подвешенная на шелковом волокне в 10 *см* длиной, поворачивается на 45°, когда наэлектризованное тело подносят к ней на расстоянии в 1 *м*. Пользуясь этими весами, Кулон измерил силу взаимного отталкивания и притяжения заряда и придал правилу дю-Фэ количественную определенность. Оказалось, что отталкивание одноименных зарядов и притяжение разноименных пропорционально произведению количеств электричества и обратно пропорционально квадрату расстояния между телами.

С этим законом математика входит в учение об электричестве. Первым результатом была теория потенциала. Лаплас, Пуассон, Грин и Гаусс придали ей почти современную форму. Что же касается электростатических приборов и электростатической техники, то главный фарватер открытий идет мимо нее. Гальваническая техника оказалась той экспериментальной базой, опираясь на которую математический анализ поднял учение об электричестве на новую ступень. Речь идет об опытах и теории Ампера.

В работах Ампера отразилось все своеобразие хозяйственного, политического и научного развития Франции этого периода. Количественно-математический характер науки и техники эпохи континентальной блокады, традиции, завещан-

[1] Recherches théoriques et expérimentales sur la forme de torsion et sur l'élasticité des fils de metal etc., construction de differentes balances de torsion pour mesurer les petits degrés de force, «Per. Mem.», 1784.

БИБЛИОТЕКА

ЭРСТЕД
1777—1851

ные энциклопедистами, принцип дальнодействия,—все это наложило свой глубокий отпечаток на творчество Ампера. Вместе с тем теория Ампера имела совершенно ясные международные корни. Международным характером обладали *технические корни* опытов Ампера. Здесь, как и в работах Дэви, в основе лежало открытие гальванического электричества. Но действие этого открытия на континенте было несколько иным, чем в Англии. Здесь гальваническое электричество стало базой для опытов над *механическим* действием тока. При этом идея единства различных видов энергии была подсказана классической идеалистической философией. Под влиянием натурфилософии Шеллинга датский физик Эрстед с 1807 г. начал искать экспериментальные доказательства единства электричества и магнетизма. В 1820 г. он открыл, что магнитная стрелка вблизи провода, по которому идет ток, поворачивается.

Открытие Эрстеда получило особенное развитие на французской почве. Причина заключается в высоком уровне измерительной техники и математического анализа. Дальнейшая обработка открытия Эрстеда была произведена плеядой наполеоновских офицеров, геодезистов, физиков и математиков. К этой плеяде принадлежал Био. Совместно с Саваром он установил количественные соотношения в явлении Эрстеда.

Громадное значение для дальнейшего развития электромагнетизма имели работы Доминика Франсуа Араго. Биография Араго чрезвычайно характерна для поколения, которое на почве, подготовленной великой революцией, строило политическое господство буржуазии и создавало техническую базу буржуазного порядка. Араго родился в 1786 г. и с 1805 г. принял участие в грандиозном предприятии — измерении меридиана, которое занимало одно из центральных мест во всей научно-технической работе эпохи. Совместно с Био Араго измерял меридиан между Барселоной и островом Фоментера и был на острове Майорке, когда Испания восстала против Наполеона. Он был арестован, бежал из крепости, попал в плен, был освобожден, потерпел кораблекрушение, попал в Алжир в рабство и, наконец, получив свободу, едва удрал от английского фрегата. Наполеон назначил Араго профессором Политехнической школы — научно-технического центра буржуазной Франции. Араго был историком науки и техники (история физики, астрономии и геометрии, история паровой машины), астрономом, географом, метеорологом, химиком, физиком (электричество, магнетизм, оптика) и политическим деятелем. В качестве последнего он во время революции 1848 г. стал военным и морским министром временного правительства, причем активно боролся против пролетарских восстаний. Работая в области магнетизма и электричества, Араго обнаружил, что куски железа, помещенные вблизи тока, намагничиваются. Он же начал придавать проводнику для намагничивания железа форму соленоида. Все это имело решающее значение для создания технически применимых *электромагнитов*.

Андрэ Мари Ампер принадлежал к тому же поколению, что и Араго (родился в 1775 г.), и к тому же научно-техническому центру. С 1805 г. он был директором Политехнической школы. В молодости большое влияние на Ампера произвели сочинения Руссо и прочитанная им цликом энциклопедия Дидро и д'Аламбера. Ампер был выдающимся механиком и математиком. В своих работах по теории электричества[1] и магнетизма[2] он поднял эту теорию на новую ступень.

[1] La théorie des phenomenes électrodinamiques, Париж 1826.
[2] Recueil d'observations électrodinamiques, Париж 1822.

Если Эрстед открыл, что электрический ток действует на полюс, то Ампер обнаружил обратное явление — действие магнитного полюса на электрический ток. Гибкий проводник, по которому проходил ток, отклонялся в сторону вблизи магнитного полюса. Ампер открыл также, что два проводника, по которым идет ток, действуют друг на друга. Ряд опытов позволил Амперу вычислить силу, с которой магнитный полюс действует на ток. Она оказалась пропорциональной силе тока, магнитной силе, длине проводника и, наконец, синусу угла между направлением магнитной силы и направлением тока. Эта сила равна и противоположна силе, вычисленной Био и Саваром.

Руководящей методологической идеей электродинамики Ампера, как и всего французского естествознания начала века, является непрерывность физических явлений. Ампер пользовался представлением об элементарном замкнутом проводнике, в пределах которого магнитная сила неизменна. Элементарный виток эквивалентен магнитному листку, ограниченному таким же контуром, эквивалентен по действию на магнитный полюс и по действию полюса на него. Рассматривая любой замкнутый проводник как сумму элементарных контуров, Ампер доказал эквивалентность его магнитной поверхности. Для объяснения указанной эквивалентности он выдвинул теорию, сводящую все магнитные явления к электрическим. Согласно этой теории всякий магнит состоит из замкнутых токов молекулярных размеров. В куске железа эти токи поворачиваются в одну сторону под влиянием внешнего магнита, и таким образом железо намагничивается.

IV. Революция, произведенная паром, и работы Фарадея

Победы естествознания и метафизическое мировоззрение. Паровая техника и идея единства форм движения. Паровая и электрическая техника. Идея единства и эквивалентности форм энергии в применении к электричеству. Фарадей и закон сохранения энергии. Фарадей и Гегель об электричестве как форме движения. Законы электролиза. Открытие электромагнитной индукции. Энгельс об индуцированном электричестве как синтезе электростатики и тока. Представления Фарадея о реальности силовых линий. Борьба против принципа дальнодействия. Истоки электронной теории и теории поля в работах Фарадея и связь между ними.

Синтез французской электродинамики и английской электрохимии неизбежно сопровождался отходом от метафизических фетишей дальнодействия и электрических жидкостей. Нужно было очень далеко отойти от формально-математической концепции, чтобы увидеть процессы, объединяющие различные ряды фактов. Это сделал Фарадей. Поэтому его работы являются составной частью той антиметафизической струи, которая пробивала себе дорогу в естествознании еще с XVIII в. Первый удар метафизике был нанесен гипотезой Канта, нарисовавшей возникновение солнечной системы из первичной туманности. «Первая брешь в этом окаменелом мировоззрении была пробита не естествоиспытателем, а философом»[1], и прошло столетие, пока естествознание спектральным анализом подтвердило мысль о единстве и изменчивости мира. Теория Ляйеля показала развитие земной поверхности, положив начало подлинно научной геологии. В 40-х годах антиметафизическая концепция достигает решительного успеха, так как Майер, Джоуль и Грове приходят к закону сохранения энергии. «Благодаря этому различные физические силы — эти, так сказать, неизменные «виды» физики — превратились в различно диференцированные и переходящие по определенным законам друг в друга формы движения материи»[2]. И, наконец, антиметафизическая линия завершается гениальным открытием Дарвина.

Начиная с 20-х годов XIX в., диалектическая тенденция в естествознании опирается на практическое применение молекулярного движения, на револю-

[1] «Диалектика природы», стр. 113.
[2] Там же, стр. 115.

цию, произведенную паром. Паровая машина впервые замкнула круг трансформаций энергии. Первая половина этого круга «практическое открытие превращения механического движения в теплоту так старо, что от него можно считать начало человеческой истории»[1]. Гораздо позже появилась вторая половина круга.

Открытия Папина, Севери, Ньюкомена и др. — все это предистория паровой машины. Современная паровая машина создана Уаттом. Мы знаем, что только Уатт ввел отдельный конденсатор. Но не только поэтому ему принадлежит честь великого открытия. «Великий гений Уатта обнаруживается в том, что патент, взятый им в апреле 1784 г., давая описание паровой машины, изображает ее не как изобретение лишь для особых целей, но как универсальный двигатель крупной промышленности»[2].

Здесь теплота выступает причиной не определенного вида полезной механической работы, а полезной механической работы вообще, и, таким образом, общая эквивалентность тепла и механической работы становится непосредственным техническим принципом машины.

Наука не сразу отразила в своем развитии происшедшую революцию. Только в 20-х годах XIX столетия Сади Карно своим «Рассуждением о движущей силе огня» положил начало научной термодинамике. Работа Карно коренным образом отличается от предшествующих работ по теории тепла, так как сразу же рассматривает теплоту как причину механического движения. Отсюда один шаг до механической теории тепла и закона сохранения энергии. Карно не сделал этого шага, так как был связан теорией «теплорода». Здесь кичливый эмпиризм естествознания сыграл с ним злую шутку. Карно помешала «предвзятая ложная теория и притом ложная теория, которая была навязана физикам не какой-либо злокозненной философией, а придумана ими самими при помощи их собственного натуралистического метода мышления, столь превосходящего метафизический — философствующий метод»[3].

Впрочем, диалектические тенденции естествознания почти как правило возникали в извращенной, перевернутой, поставленной наголову форме, подобно философскому обобщению этих тенденций — гегелевской философии. «Гегелевская диалектика так относится к рациональной диалектике, как теория теплорода к механической теории теплоты, как теория флогистона к теории Лавуазье»[4].

Несмотря на эту извращенную форму, можно определить основную мысль, лежавшую в основе поступательных шагов естествознания в 20—40-х гг. XIX в. Это мысль о единстве сил природы. Она-то и была стержнем работ Фарадея, как это совершенно правильно показал И. Тамм в своей статье, посвященной столетию открытия электромагнитной индукции[5]. Нужно подчеркнуть, что идея единства энергии опиралась на революцию, произведенную паром, и историческая роль Фарадея заключалась в применении к электричеству теоретических итогов этой революции.

Фарадей родился в 1791 г. в рабочей семье и стал рабочим-переплетчиком. Позже, в 1813 г., ему удалось стать учеником Дэви, поехать с ним на континент и с 1834 г. заменить Дэви на посту директора химической лаборатории Королевского института. Для всей этой эпохи характерно участие рабочих в научных и технических открытиях. Несомненно, в творчестве Фарадея чувствуется связь с миром непосредственного труда. Этому миру были чужды не только схоластические выкрутасы аббатов-физиков прошлой эпохи, но и формально-математические работы современников. В 3362 параграфах «Experimental Researches in Electricity», излагающих наиболее важные работы Фарадея, нет

---

[1] «Диалектика природы, стр. 202.
[2] «Капитал», т. I, стр. 285.
[3] «Диалектика природы», стр. 204.
[4] «Там же, стр. 93.
[5] «Успехи физических наук», 1932, т. XII, вып. 1. И. Тамм, Руководящие идеи в творчестве Фарадея.

ни одной математической формулы. Они наполнены тщательным и подробным описанием опытов. Те работы, где Фарадей пускался в гипотезы, он старался не включать в «экспериментальные исследования» и всячески оговаривал условность своих построений. Конечно, это теоретическое самоограничение имело отрицательную сторону. Эмпиризм заводил Фарадея не раз очень далеко от истины. Это отчасти объясняется влиянием среды английских ученых, у которых эмпиризм был особенно претенциозным и ограниченным. «Презрение эмпириков к грекам, — пишет Энгельс,— получает своеобразное освещение, когда читаешь, например, «On Electricity» Т. Томсона и видишь, что люди, подобные Дэви и даже Фарадею, блуждают в потемках (электрические искры и т. д.) и ставят опыты, в совершенстве напоминающие рассказы Аристотеля и Плиния о физических и химических фактах. Именно, в этой новой науке эмпирики целиком повторяют слепое нащупывание древних. А где гениальный Фарадей нащупывает правильный след, там филистер Томсон протестует против этого» [1].

МИХАИЛ ФАРАДЕЙ

1791—1867

Стихийно прорывая путы эмпирических традиций, гений Фарадея создал подлинно научную теорию электричества. Основные открытия начинаются с 30-х г.г. XIX в. Биографы Фарадея много занимались вопросом о причинах сравнительно позднего появления его важнейших работ. Обычно апеллируют к психическим особенностям или к особенностям биографии. Даже И. Тамм, правильно определивший основное содержание работ Фарадея, пишет: «Представляется спорным, объясняется ли это, главным образом, особенностями его психической организации или тем, что, будучи рабочим-самоучкой, он не имел в детстве и юношестве достаточно благоприятных условий для развития»[2]. Между тем перечисленные проф. И. Таммом вслед за этим открытия Фарадея между 1816 и 1831 гг. (сжижение хлора и пр., акустика, вращение проводника в магнитном поле и т. д.) показывают неубедительность обоих объяснений. С нашей точки зрения дело объясняется проще. Переворот в представлениях об электричестве совершился лишь в 30-х годах благодаря тому, что в продолжение предшествующего десятилетия были созданы его исторические предпосылки, в частности появилась электродинамика Ампера и работа Карно, отразившая революцию, произведенную паром.

Чтобы понять влияние паровой техники на учение об электричестве и, следовательно, уяснить исторический смысл работ Фарадея, нужно определить отношение паровой техники к электрической. Основным физическим принципом паровой техники является превращение тепла в механическое движение, замыкающее круг полезных трансформаций этих видов энергии. Основным физическим принципом электрической техники являются универсальное превращение всех видов энергии друг в друга. «Паровая машина, — пишет Энгельс, — учит нас превращать теплоту в механическое движение, но пользование электричеством открывает нам путь превращения всех форм энергии — теплоты, механического движения, электричества, магнетизма, света — одной в другую, и обратно...».

Однако паровая машина не только показывает взаимный переход форм движения на примере двух из них. Она заставляет науку поставить в центр внимания переходы всех форм движения друг в друга и количественную эквивалентность этих переходов. Отныне не

[1] «Диалектика природы», стр. 144.
[2] Цит. работа, стр. 2.

перемещение, а *состояние*, т. е. результат статического движения молекул, является основным звеном естествознания. Это двинуло вперед представление о сохранении и эквивалентности энергии при таких переходах.

«Только с молекулярным движением изменение формы движения приобретает полную свободу. В то время как на границе механики молекулярное движение может принимать другие формы только порознь — теплоту или электричество, — здесь перед нами совершенно другое разнообразие изменения формы: теплота переходит в электричество в термоэлементе, становится тождественной со светом, на известной ступени излучения, производит со своей стороны снова механическое движение; электричество и магнетизм, образующие такую же пару близнецов, как теплота и свет, не только переходят друг в друга, но переходят и в теплоту, и в свет, а также в механическое движение. И это происходит согласно столь определенным отношениям, что мы можем выразить данное количество одного из этих видов энергии в любом другом — в килограммометрах, в единицах теплоты, в вольтах — и можем переводить любую меру в любую другую»[1].

Приведенный отрывок чрезвычайно ярко показывает неизбежность представления об эквивалентности видов энергии на базе технического применения молекулярных процессов и неизбежность включения электричества и магнетизма в круг явлений, рассматриваемых с этой точки зрения. Но по сравнению с электрической техникой это — лишь первый шаг. Здесь единство энергии выражается в сравнительно примитивной форме количественной эквивалентности. Электрическая техника придает этому единству гораздо более глубокий и универсальный смысл, гораздо более законченный и технически осязаемый вид.

Революция, произведенная паром, приоткрыла завесу над основной особенностью электричества, оставив грядущему техническому перевороту расширение и углубление достигнутых представлений.

Прежде всего мысль о единстве форм энергии была применена Фарадеем к самому электричеству. В то время наука знала множество различных «электричеств»: электричество трения, атмосферное, гальваническое, животное и т. д. Фарадей опытным путем, вызывая одни и те же действия электричеством из различных источников, доказал тождественность всех его видов. Результаты этих опытов были опубликованы в 1833 г., а в 1837 г. Фарадей пишет в своем дневнике: «Нужно сравнить количества материальных сил, т. е. сил электричества, тяготения, химического сродства, сцепления и т. д., где возможно дать выражение для их эквивалентов в той или иной форме». Таким образом Фарадей близко подошел к закону сохранения энергии. Близко, но не вплотную. Даже после открытий Грове, Джоуля, Майера и Гельмгольца в 1857 г. Фарадей говорит о «высшем законе физических наук — законе сохранения силы». Он не дошел до выбора той физической величины — работы, которая остается неизменной в превращениях энергии, — и смешивал эту величину с силой. Где причина того, что Фарадей не дошел до четкого понимания сохранения энергии: до правильного выбора величины, измеряющей энергию при ее превращениях?

Фарадей апеллировал к «закону сохранения силы», чтобы доказать единство электрических и химических явлений. В продолжение всей первой половины XIX в., да и позже, шла дискуссия о происхождении гальванического электричества, начатая непосредственно вслед за открытием Вольта. Большинство немецких физиков (Поггендорф, Пфаф, Ом и др.) выдвигали так называемую *контактную* теорию, приписывавшую электродвижущую силу соприкосновению проводников. Во Франции и в Англии преобладали сторонники *химической* теории, связывавшей электричество с наличием химической реакции в гальваническом элементе. Фарадей выступил против контактной теории в защиту химической. Он указывает на термоэлектрические и электромагнитные явления как на доказательство перехода одного вида энергии в другой и на невозможность возникновения энергии из ничего.

[1] «Диалектика природы», стр. 202.

«Контактная теория, — пишет Фарадей,— полагает, что сила может возникнуть из ничего, что ток может быть порожден без какого-либо изменения в действующей материи или без затраты производящей силы, причем ток этот будет действовать непрерывно, преодолевая постоянное сопротивление. Это было бы на самом деле созданием силы и этим ток отличался бы от всякой другой силы. Мы знаем много процессов, благодаря которым форма силы так изменяется, что происходит видимое превращение одной силы в другую. Так, мы можем химическую силу превратить в электрический ток, а электрический ток в химическую силу. Прекрасные опыты Зеебока и Пельтье доказывают превратимость теплоты в электричество, а опыты Эрстеда и мои — превратимость электричества в магнетизм. Но никогда не происходит создания силы, возникновения силы без соответствующей затраты того, что питает эту силу» [1].

Здесь изложена лишь первоначальная концепция сохранения энергии, отрицающая ее возникновение из ничего. Это еще не та развитая теория, которая знает количественное мерило энергетических переходов. Но опыты, о которых говорит здесь Фарадей, и не дают оснований для развернутых количественных характеристик. Из явлений термоэлектричества, гальванизма, электролиза магнитных действий тока вытекает лишь этот первоначальный вывод о возможности превращения энергии и невозможности ее возникновения из ничего. Пока электричество является лишь побочным спутником химических и тепловых технических процессов, оно еще не демонстрирует количественной определенности энергетических переходов, не выкристаллизовывает их неизменного мерила. Только в самостоятельной области технического применения в электрической технике, в процессах передачи энергии центральное значение приобретают понятие коэфициента полезного действия, понятие работы, — и электричество становится базой наиболее полного технического воплощения закона сохранения энергии. Именно поэтому Фарадей, обобщивший в своих работах учение об электричестве эпохи революции, произведенной паром, не мог дойти и не дошел до четкого представления о сохранении энергии и понимал его в неявной форме «сохранения силы».

Однако в этой форме идея единства энергии была подлинно центральной в работах Фарадея. Фарадей, в противоположность существовавшим в то время представлениям об особой электрической жидкости, понимал под электричеством особую форму д в и ж е н и я м а т е р и и. Единство энергии, проходившее красной нитью через работы Карно, Грове, Джоуля, Майера, лежавшее в основе и других побед естествознания, получило наиболее общую последовательно-научную и гениально-глубокую формулировку в энгельсовой «Диалектике природы». В этой работе, говоря о Фарадее, Энгельс обращает внимание на совпадение взглядов Фарадея с натурфилософскими взглядами Гегеля. Гегель пишет об электричестве, что это «собственный гнев, собственное бушевание тела» его «гневное я». Энгельс вскрывает рациональное зерно этой идеалистической тарабарщины. «Основная мысль,—пишет он,—у Гегеля и у Фарадея тождественна. Оба восстают против того представления, будто электричество есть не состояние материи, а некоторая особенная отдельная материя»[2]... Какая амплитуда: экспериментатор, стихийно, эмпирически вылавливающий у природы ее диалектические законы, и гений философской спекуляции, формулирующей законы бытия, как продукты саморазвития духа. Между тем оба говорят об одном. И у Фарадея и у Гегеля слышна поступь прогрессивного класса — молодой буржуазии, которая ищет в природе силы, увеличивающие ее могущество.

Идея сохранения и единства энергии была исходным пунктом двух основных направлений в работах Фарадея. Первое направление — законы электролиза и научная электрохимия, второе — теория поля и открытие электромагнитной индукции.

---

[1] Experimental Researches in Electricity № 2071.
[2] «Диалектика природы», стр. 307.

Единство электрических и химических явлений доказывалось не только и даже не столько апелляцией к закону сохранения сил, сколько опытами в области электролиза. Эти опыты приводят к двум основным законам электролиза; первый из них устанавливает пропорциональность между массой выделившегося вещества и количеством электричества, второй—связывает коэфициент пропорциональности с химическим эквивалентом. «Эквивалентные веса различных тел попросту равны количествам этих тел, обладающим равными количествами электричества или равными электрическими силами; электричество определяет эквивалентные числа, потому что оно определяет силы сродства»[1]. Из этих законов, в частности, вытекает, что каждая частица вещества переносит определенное количество электричества или кратное ему. Отсюда недалеко до представления об элементарных зарядах-электронах, теория, корни которой могут быть обнаружены, таким образом, в работах Фарадея. Основным открытием Фарадея было открытие электромагнитной индукции. В следующем году после открытия Ампера Фарадей пришел к мысли об обратном процессе—о возбуждении тока магнетизмом. В 1822 г. в его тетради появляется запись: «Превратить магнетизм в электричество».

Если работы Фарадея в целом были синтезом специфических направлений электрической техники в Англии и во Франции,—синтезом Дэви и Ампера, то для французской электродинамики открытие электромагнитной индукции было синтезом, объединившим электродинамику с электростатическими теориями и опытами предыдущего века. Индукция зарядов, известная еще со времени Грея и дю-Фэ, дала Фарадею мысль об индукции токов, в то время как работы Эрстеда, Араго и Ампера указывали на магнетизм, как на необходимое звено такой индукции. Впрочем, синтез здесь гораздо глубже, чем указанное влияние электростатических и электродинамических аналогий на творчество Фарадея. Дело в том, что по своему существу индуцированное электричество является синтезом заряда и тока. Эта мысль, которая чрезвычайно ярко и глубоко уясняет и сущность и исторические корни работ Фарадея, принадлежит Энгельсу. «Фарадей,—пишет Энгельс,—открыл уже в 1822 г., что мгновенный индуцированный ток—как первый, так и второй—обратный,—«имеет больше свойств тока, произведенного разрядом лейденской банки, чем тока, произведенного гальванической батареей», в чем и заключалась вся тайна»[2].

В «Диалектике природы» имеется фрагмент, с поразительной глубиной и силой вскрывающий действительный смысл разграничения статического, динамического и индуцированного электричества: «Статическое электричество... получается от переведения в состояние напряжения имеющегося в природе... готового электричества... динамическое электричество... является постоянным током... Так как это электричество—по своей природе ток, то именно поэтому оно не может быть прямо превращено в электричество напряжения. Но при помощи индукции нейтральное электричество, существующее уже как таковое, может быть денейтрализовано. В соответствии с природой вещей индуцируемое электричество должно будет следовать за индуцирующими, а значит, должно будет тоже быть текучим. Но здесь, очевидно, имеется возможность конденсировать ток и превратить его в электричество напряжения или, вернее, в высшую форму, соединяющую свойства тока с напряжением»[3].

Не будем углубляться в физический смысл этого фрагмента, который, конечно, многое мог бы разъяснить и в современных проблемах учения об электричестве. Обратим внимание на историческую сторону этой мысли, которая говорит о том, что великое открытие Фарадея—электромагнитная индукция—были синтезом заряда и тока.

[1] Exp. Res. № 869.

[2] Диалектика природы», стр. 149—150, слова в кавычках взяты из книги.—Thomson, Heat and Electricity, стр. 385.

[3] Там же, стр. 149.

Этот синтез был достигнут семью годами непрерывных экспериментов, которые 29 августа 1831 г. привели к открытию. Однако эмпирический метод не может приписать себе чести этого открытия. Экспериментальные работы Фарадея тесно были связаны с развитием его представлений о физической природе наблюдаемых явлений. Первые опыты Фарадея были направлены на получение индуцированного *постоянного тока*. Они были безрезультатны. Удавшийся опыт заключался в следующем. Две обмотки были навиты на железное кольцо. При замыкании и размыкании тока в одной из обмоток в другой обмотке были обнаружены индуцированные токи. Таким образом первые явления в области электромагнитной индукции *исторически подтвердили физическую связь между этой областью и переменным током* и *роль трансформаторов как основы электромашинной техники*.

Эти работы Фарадея были связаны с развитием его представлений об электромагнитном поле. Поле, т. е. пространство, где происходят электромагнитные процессы, Фарадей заполнил линиями, по которым действуют силы, *силовыми линиями*, «под которыми я понимаю, — пишет Фарадей, — линии магнитных сил... как они могут быть очерчены железными опилками, или линии, к которым очень маленькая магнитная стрелка становится в касательное положение» [1].

Имеют ли эти линии физическую реальность или это простые символы? Этот вопрос отражал другой, более общий: сводятся ли электрические и магнитные процессы к зарядам, действующим друг на друга на расстоянии, или в этих процессах активно участвует реальная среда? К концу своей жизни Фарадей все более решительно выступал против действия на расстоянии и все с большей уверенностью утверждал реальность физического существования силовых линий. В статье «О физическом характере линий магнитной силы», написанной в 1852 г., он пишет: «Что касается важного вопроса, подлежащего рассмотрению, то он заключается только в том, имеют ли линии магнитной силы физическое существование или нет». Ответ Фарадея — положительный. Таким образом концепция Фарадея порывала с господствовавшими представлениями о дальнодействии.

В этом отношении Фарадей оказался далеко впереди не только современников, но и следующего поколения. Принцип единства, признание универсальной связи явлений природы не мирились с дальнодействием. Фарадей—сын эпохи пара—применил этот принцип к явлениям электричества, к явлениям, техническое применение которых было делом будущего. Поэтому он оказался впереди своей эпохи и повел борьбу с ее могучим фетишем—дальнодействием. Но эпоха отомстила за себя, наложив печать свойственных ей научных и технических границ на положительные взгляды Фарадея. Отличие Фарадея от сторонников дальнодействия прекрасно сформулировано Максвеллом.

«Фарадей своим мысленным оком видел силовые линии, проходящие по всему пространству, там, где математики видели центры сил, притягивающие на расстоянии. Фарадей видел промежуточную среду там, где они ничего не видели кроме расстояния. Фарадей искал сущность явления в том, что происходит в среде; другие удовлетворялись тем, что находили эту сущность в способности действия на расстоянии, которой одарены электрические жидкости».

Пользуясь представлением о силовых линиях, Фарадей в 1851 г. формулировал закон индукции: «Количество приведенного в движение электричества прямо пропорционально числу пересеченных (проводником.—*Б.К.*) линий». Оказалось возможным объяснить все электромагнитные явления продольным натяжением и боковым распором силовых линий, совокупность которых и составляет реальную среду — эфир.

[1] Exp. Res. № 114.

Была ли эта концепция механистической? Ответ на этот вопрос ярче всего вскрывает истинные исторические корни теории Фарадея, — связь этой теории с революцией, произведенной паром. Фарадеевское понимание эфира *не было механистическим в смысле механических теорий эфира* XVII—XVIII вв. Фарадей никогда не представлял эфира состоящим из множества отдельных частиц, к перемещению которых сводятся электрические, магнитные и прочие явления. Напротив, в статье «Thoughts on Ray Vibrations», в «Philos. Mag.» за 1846 г., он отказывается представить себе в любой части пространства что-либо «кроме сил и линий, вдоль которых они действуют». Механические картины эфира, гидродинамические аналогии, весь этот арсенал, взятый картезианцами из современной им техники, остался позади. Но *концепция Фарадея была механистической в смысле, соответствующем XIX в.* Эта концепция и является той *новой формой механического мировоззрения, которую последнее приняло после революции, произведенной паром.* Фарадей не сводил электрических явлений к перемещению частиц эфира, но он сводил их к *упругости* к продольному натяжению и поперечному распору силовых линий. Совершенно бесспорно, что в основе лежит историческая ограниченность техники, нашедшей свое выражение в теории Фарадея. Если мельницы не дали картезианцам материала, чтобы пойти дальше вихрей и истечений, то паровая техника не давала материалов, чтобы шагнуть вперед от упругих давлений. Действительно, диалектическая теория среды могла появиться лишь в эпоху электрической техники, получившей самодовлеющее значение. Но теория Фарадея была теоретическим обобщением того периода, когда работы в области электричества вырастали на основе технического применения других более элементарных форм движения.

Этим объясняется также и то обстоятельство, что в работах Фарадея уживаются рядом истоки теорий, которые впоследствии стали враждебными. После Фарадея электрон как элементарный заряд и электромагнитное поле (среда, силовые линии) начали оспаривать друг у друга роль носителя электрических явлений; у Фарадея же между электрохимической и электромагнитной линией работ существует органическая связь. Отказ от принципа дальнодействия помог Фарадею разобраться в явлениях электролиза. Если Гроттус, Дэви и др. объясняли электролиз притяжением электродов, то Фарадей уже в 1833 г. отказался от этого представления и начал оперировать взаимодействием *смежных* частиц электролита. Больше того, Фарадей вел исследования в том направлении, где гораздо позже были (а в основном еще будут) найдены мосты между теориями, двигающимися по противоположным берегам. Это направление заключается в аналогии между массой и энергией, механикой и оптикой и т. д., в аналогии, которая все больше становится похожей на единство этих явлений. Фарадей полагал, что единая среда передает и свет и электрические силы. «Согласно взгляду, который я осмеливаюсь высказать, излучение представляет собой высшую форму колебаний линий сил, как известно соединяющих между собой частицы, а также и массы вещества. Этот взгляд пытается устранить эфир, но не колебания».

Фарадей не только высказал эту догадку, но в результате ряда опытов обнаружил вращение плоскости поляризации в магнитном поле. Он пытался также (в последнем опыте его жизни) обнаружить влияние электричества на спектр, которое было найдено полвека спустя Зееманом.

Особенно ярко высказана руководящая идея этих работ в параграфе, посвященном *тяготению*.

«Давнишнее и постоянное убеждение в том, что все силы природы зависят друг от друга и имеют одно общее происхождение или, вернее, представляют собой различные проявления одной фундаментальной силы, часто приводило меня к размышлениям о возможности экспериментально установить связь между тяготением и электричеством и, таким образом, включить тяготение в группу

столь многочисленных и столь разнообразных проявлений сил, обнимающую также магнетизм, химическую силу и теплоту и связующую их общими соотношениями» [1].

Опыты не дали положительного результата, но Фарадей, публикуя их и добросовестно указывая на случайное происхождение некоторых электрических явлений, сопровождавших падение тел, все же заявляет, что его убеждение о связи между тяготением и электричеством не поколеблено отрицательным результатом опытов.

V. Фарадей и современное учение об электричестве

Сфера электрической техники в эпоху «классического» промышленного капитализма. Послереволюционные позиции буржуазной науки и теории электричества 40—60-х годов. Империализм, революция, произведенная электричеством, и развитие теории поля. Развитие электронной теории. Грядущая электрическая техника и перспективы синтеза теории поля и электронной теории.

Мы выяснили, что концепция Фарадея связана с эпохой, когда электричество еще не применялось в технике, но революция, произведенная паром, раскрыла его существеннейшую особенность — универсальную связь с другими формами энергии. С этой точки зрения попытаемся проследить дальнейшие судьбы фарадеевской концепции и нарисовать «эпилог» изложенной истории.

Эпоха «классического» промышленного капитализма была эпохой пара. Пар полностью соответствовал задачам буржуазного строя. Сфера применения электричества ограничивалась областью связи. Телеграф выдвинул вперед гальванотехнику. В этой области примат, естественно, принадлежит *не полю, а проводникам*. С другой стороны, реакционные тенденции после революции 1848 г. стали гораздо сильнее в мировоззрении буржуазии. В результате 40—60-е годы XIX в. были временем упадка учения об электричестве. Теории этого периода были подвергнуты Энгельсом сокрушительной критике в его статье «Электричество». Наиболее характерной и важной для этого периода является теория Вебера. Вебер считает основным в электрических явлениях течение разноименных электрических жидкостей между молекулами материи.

Он ясно видит атомистическое строение электричества, но, в противоположность Фарадею, ничего физически реального не видит в пространстве между зарядами. При этом подлинно физические представления отпали, на долю теории остались лишь математические манипуляции с экспериментальными данными, и Вебер оказался наиболее выдающимся представителем того узкого эмпиризма, который с ограниченным самодовольством ремесленника третирует философию естествознания. Подъем учения об электричестве, связанный с именем Максвелла, был вызван новой ступенью электрической техники—генераторами и двигателями 60—70-х годов. Широкое распространение теории Максвелла произошло в 90-х годах. В эпоху империализма автоматизация охватила вслед за легкой индустрией и тяжелую. Это потребовало нового двигателя. Паровой двигатель оказался здесь явно недостаточным. Вернее, не сам паровой двигатель, а механическая трансмиссия, соединявшая его с рабочими машинами. Последние в автоматизированном массовом производстве вытягиваются цепью, и расстояние передачи движения превышает возможности механической трансмиссии. Сверх того, рабочие машины при этом начинают предъявлять самые разнообразные запросы к подаче энергии, выходя за пределы гибкости и дробности, свойственные механическому приводу. В эпоху империализма электрическая техника удовлетворила эти запросы. Электромагнетизм, ранее применявшийся для передачи сигналов, был использован для передачи энергии. Электрический привод создал автоматический внутризаводский транспорт, конвейер, непрерывный переход предмета труда от одной операции к другой. Самые операции стали выполняться на специализированных станках.

[1] Exp. Res. № 2702.

Это означало коренную реконструкцию силового аппарата промышленности в направлении автоматизации. Но была ли эта автоматизация последовательной, полной, завершенной? Нет, совершенно очевидно, что она далеко не завершена и сейчас. В непрерывную сеть трансформации энергии не включено вещество, его изменение, превращение и создание. Только тогда, когда силовая реконструкция сольется с реконструкцией технологии, с химизацией производства, только тогда автоматизация может быть завершена. Но это уже задача совсем другой исторической эпохи. Что же касается всей последней четверти XIX в., т. е. периода, когда создавалась современная электрическая техника, то здесь дело ограничивалось лишь освещением и силовым аппаратом промышленности.

Как влияла эта экономическая тенденция на развитие электрической техники?

Сначала развитие электротехники еще шло по линии постоянного тока. Однако по своему существу получение электричества на основе электромагнитной индукции связано с переменным током, так как длительное рабочее напряжение можно получить лишь при изменении числа силовых линий, которое то возрастает, то убывает. Это противоречие стало явным после изобретения трансформатора — основной машины, по отношению к которой все генераторы и моторы являются модификациями. Первое время трансформатор и переменный ток не применялись для силовых целей. Еще в 1887 г. в журнале «Электричество»[1] говорилось о трансформаторе: «К сожалению, им можно пользоваться только для освещения, для передачи же работы и электролиза нельзя, так как аппарат утилизирует и воспроизводит только токи переменного направления». Действительно, для того чтобы электрификация силового аппарата получила адэкватную ей технику, нехватало необходимого звена — асинхронного двигателя. Последний был сконструирован в 1891 г., и в том же году была построена Доливо-Добровольским первая трехфазная линия передачи. 90-е годы XIX в. — время победного шествия техники переменного тока. В ней нашел полное и последовательное осуществление принцип, лежавший в основе всей техники сильных токов, начиная от Грамма и Сименса, — получение электричества путем периодических изменений магнитного поля. Электромагнитное поле в дальнейшем получает полную технически осязаемую самостоятельность в радиоволнах. Такова эволюция техники переменного тока. Ей соответствовало развитие теории электромагнитного поля. Максвелл разработал учение Фарадея и перевел его на математический язык, единственно доступный для научных кругов. Он превратил в стройную теорию гениальные догадки Фарадея о единстве света и электричества. Эта теория получила широкое распространение в 90-х годах. На основе ее шло дальнейшее развитие представлений о свете и электромагнитном поле. В науку были введены понятия электромагнитных волн, их импульса и, наконец, новое понятие массы. Эта линия связана с именами Пойнтинга, Дж. Томсона, Газенерла, Планка, Абрагама и Альберта Эйнштейна.

Последний установил эквивалентность всякой массы определенному количеству энергии, которое отличается от массы лишь постоянным коэфициентом пропорциональности, равным квадрату скорости света. Правильно построенная теория относительности должна быть логически связана с Фарадеем, его борьбой против дальнодействия, его теорией поля. Мы видели, что и исторически эта связь осуществилась через Максвелла. Но Эйнштейн, по сравнению с Фарадеем, был сыном другой эпохи. Его теория идеалистически интерпретирует установленные соотношения. Он не дал такой физической картины, которая соответствовала бы формальным достижениям теории. Не дала ее и вся современная наука. Ясно во всяком случае, что все дело — в электродинамике среды и что техническое применение теории сделает среду, т. е. физическое заполненное пространство, непосредственным агентом энергетических процессов, в форме, например, передачи энергии без проводов. Ясно также, что физическая

[1] № 3, стр. 21.

интерпретация теории относительности невозможна без применения моделей, разработанных электронной теорией, т. е. другой линией учения об электричестве, вышедшей из работ Фарадея. После Фарадея электронная теория сделала несколько шагов вперед в работах Гельмгольца, Стоннея и др. Предистория заканчивается в 1895 г., когда Лоренц создал свою теорию, а Рентген открыл свои лучи. Характерно, что в этом же году получили техническое применение открытия Герца (Попов и Маркони), и, таким образом, создание современной электронной теории совпало с кульминационной точкой в развитии электромагнетизма. Лоренц, по его собственным словам, в известной степени вернулся к воззрениям Вебера и Клаузиуса, но оплодотворил эти представления учением Максвелла о магнитных силах и смещении в диэлектрике. Таким образом у истоков современной электронной теории последняя черпала у электромагнетизма не только технические импульсы, но и теоретическое оружие. Она была преимущественно связана со старой электрохимической теорией и являлась неизбежным выводом из законов электролитической диссоциации. Но в 90-х годах явления, которые обеспечивали ее расцвет, лежали в направлении, несколько сближавшем электронную теорию с теорией поля. Это было явление Зеемана и лучеиспускание атомов, изучавшееся Вином (он установил свои законы в 1893 и 1896 гг.), Планком (с 1897 г.) и др. На этой основе электронная теория шла от победы к победе. Она заставила Планка в 1900 г. пересмотреть представления об энергии, и новый взгляд, вскоре после создания Резерфордом модели атома, получил физическую интерпретацию в законах Бора.

Одновременно появились и симптомы кризиса. Теперь философия уже не третировалась, вопросы мировоззрения получили громадную актуальность, стали боевыми, материализм угрожал отнюдь не теоретическим позициям господствующих классов, и физики начали усердно философствовать. Это сводилось к маловразумительным крикам об исчезновении материи. Ленин не только разъяснял истинный смысл современного естествознания, не только вскрыл классовые корни гальванизированного электронной теорией идеализма, но и обобщил новую ступень физики гениальной формулировкой: «Ограничение механических законов одной только областью явлений природы и подчинение их более глубоким законам электромагнитных явлений»[1]. Всю правильность этой формулы показала появившаяся через 16—20 лет квантовая и волновая механика.

В теории Бора прерывность энергии сводилась к прерывности возможных положений электрона. Картина состояла из зарядов и геометрического пустого, а не физического, заполненного пространства между зарядами. Конечно, квантование электронных орбит в пространстве, представлявшемся пустым и потому непрерывным, было необъяснимым. Теория Луи де-Бройля (1924 г.) сделала в этом вопросе решительный шаг вперед. Она проложила мост между оптикой и механикой. При этом движение электрона оказалось если не сведенным к волновым процессам в среде, то во всяком случае связанным с ними. Однако де-Бройль не дал удовлетворительной физической интерпретации этих волновых процессов. Квантовая механика Гайзенберга делает еще один шаг вперед. Она рассматривает как первичные и основные явления в среде и спектральные величины. Но в части физической интерпретации Гайзенберг идет назад даже по сравнению с де-Бройлем, поскольку в его теории физические модели среды изгоняются и воспрещаются даже для электрона.

Мы видим, что основная линия поступательного движения науки в теориях де-Бройля, Шредингера, Гайзенберга, Дирака и др. состоит в подчинении механики электронов электродинамике среды, т. е. в «подчинении механических законов более глубоким законам электромагнитных явлений». Физическая разработка этих теорий должна заключаться в поисках основы квантования — прерывности заполненного пространства и времени. Однако и творцы новых теорий и официальная наука по-иному оценивают эти теории, разрабатывают их в ином

[1] Ленин, Соч., 3-е изд., т. XIII, стр. 214.

направлении и приходят к совершенно абсурдному представлению о движении без того, что движется. Тем самым тормозится указанный поворот электронной теории к теории поля. Чтобы выяснить причины этого, нужно обратиться к общественному смыслу теорий де-Бройля, Гайзенберга, Шредингера и других творцов современной квантовой механики.

Вокруг квантовой механики поднялась еще большая шумиха, чем в свое время вокруг теории относительности. Десятки книг и сотни статей ежегодно затрагивают эту новую область. О волновой и квантовой механике пишут даже ежедневные европейские газеты. Характерно, что большинство популяризаторов гипнотизируют публику, главным образом, гносеологическими «откровениями» новой теории. Содержание ее скрыто от широких кругов недоступным математическим аппаратом, и достоянием этих кругов оказываются модные утверждения о «ненаблюдаемости», «индетерминизме» и т. п. Однако и серьезные научные круги поднимают на щит творцов новой теории не столько за о б ъ я с н е н и е, например, дифракции электронов, сколько за мнимую необъяснимость волновой механики с позиций причинности. Это как нельзя более ярко характеризует реакционность официальной науки. Идеалистические выверты квантовой механики, в противоположность действительно прогрессивным элементам теории, совсем не новы. Если из объективного факта, что положение и импульс частицы не могут быть точно зафиксированы независимо друг от друга, делается вывод, запрещающий науке пользоваться ненаблюдаемыми понятиями и моделями, то это — простое повторение взглядов Оствальда и Маха, разгромленных Лениным в 1909 г. Не говорить о том, что не входит в «наблюдаемую» сферу, в «опыт», понимаемый по-махистски, — что может быть реакционнее этого требования? Между тем широкие круги буржуазной научной мысли именно в этом видят соблазнительную сторону теории Гайзенберга. Здесь узкий эмпиризм естествознания с претенциознейшим видом «открывает» в качестве новых истин самый старый и скомпрометированный хлам. Все это, конечно, мешает новой теории развиваться в ту сторону, где могут быть решены ее противоречия.

Взамен этого теория становится одним из звеньев утонченного «научного» мракобесия. Квантовая механика, как и теория относительности, получила практическое применение не в технике, а в идеологическом вооружении правящего класса. Тем самым закрылся путь к ее техническому применению, которое невозможно на рельсах современной идеалистической интерпретации. Нечего и говорить, что дальнодействие является необходимейшим элементом современного оголтелого формализма. С другой стороны, его противники в рамках метафизического метода не находят ничего лучшего, как вернуться к механистическим теориям эфира.

Две концепции, которые вышли из работ Фарадея, оказались связанными с двумя направлениями электрической техники. Одна из них поставила во главу угла поле, среду и установила электрическую природу света как основного процесса, происходящего в среде. Эта линия в развитии физики в последнем счете была исторически связана с ростом городов и тяжелой индустрии, с реконструкцией силового аппарата последней и с электромагнитной техникой переменного тока. Другая линия, исторически связанная с электрохимией, поставила во главу угла заряд, электрон, установила электрическую природу материи и волновую природу электрона.

В нынешнем веке каждый крупный новый шаг как в одной, так и в другой теории сближал их между собой. Становится все более очевидным, что единая теория, которая могла бы объяснить весь фактический материал, собранный наукой, лежит на пересечении сходящихся линий. Но пока в этой области господствует еще невероятный хаос.

Где же выход из этого хаоса? Каким образом будет построена монистическая теория электричества? Единственный путь — это практическое применение новых завоеваний науки. Если «об электричестве мы стали знать кое-что разумное только с тех пор, когда была открыта техническая применимость его» (Энгельс),

то полное представление об электричестве связано с применением его ко всей области производственной техники. Остановимся на этом подробнее.

Выше мы видели, что автоматизация производства останавливается на границе вещества. Техника, овладевшая молекулярными процессами, задержалась перед атомом. Перешагнуть этот барьер, значит реконструировать всю промышленную технологию, значит оперировать новыми видами сырья и получать совершенно новые продукты и, следовательно, перекроить существующие технологические отрасли производства. Конечно, такая реконструкция недоступна капитализму. Капиталистическое хозяйство знает химизацию, новые виды синтетического сырья, новые материалы, пластмассы, новые производства. Все это существует и помогает нам разобраться в направлении развития современной техники. Новые отрасли капиталистической промышленности до кризиса отличались даже бурными темпами развития. Но, несмотря на это, они остаются придатком к старым технологическим отраслям. В капиталистическом хозяйстве для них не может существовать иной роли. А между тем дальнейшее развитие автоматизма настоятельно требует реконструкции технологии. Для автоматизма необходимы высокие механические и электрические напряжения, высокие температуры и давления. Ускорение всех производственных процессов, всех технически применяемых реакций, везде требует высокого потенциала. Старый металлический костяк техники — чугун, железо, обычная сталь — не выдерживает таких напряжений. Старые виды неметаллического сырья — дерево, шерсть, волокно, — все эти продукты естественного происхождения не могут поспеть за ускорившимся и синхронным хозяйственным процессом. Новые виды сырья для промышленности означают переход от механической обработки имеющихся в природе материалов к химическому получению новых. Маркс предвидел этот переход, когда писал, что «по мере овладения человечеством химическими методами и реакциями механическая обработка будет все более уступать место химическому воздействию».

В СССР химизация — это основная линия в реконструкции промышленной технологии. Но только электричество является тем мощным рычагом, который позволяет технике опереться на наиболее глубокие процессы изменения вещества и который в конце концов приведет к возможности во всех случаях пользоваться химическими реакциями для решения технологических задач. Поэтому основной формой реконструкции технологии в СССР являются комбинаты новых производств, по преимуществу электроемких. Это — исходный пункт для коренных изменений в технике производства и передачи электроэнергии. Электрохимическая нагрузка «силовых» станций уничтожает противоположность между двумя линиями развития электрической техники, характерную для всего технического развития капитализма.

Каковы же последовательные этапы развития электрической техники в социалистическом производстве?

В пределах первой пятилетки СССР научился строить гидростанции, сжигать местное топливо, овладел техникой высокого давления, а в области собственно электрической техники достиг уровня передовых капиталистических стран в концентрации мощностей на станциях (генераторы в 50—100 mW) и в передачах (линии в 110 и 220 kV). Все это будет полностью освоено во второй пятилетке. Дальше пойдет созидание новой электрической техники.

Мы уже сейчас видим довольно отчетливые очертания этой техники. В ряде источников автоматически вырабатываются значительные количества энергии, которая является универсальным техническим агентом для всех производственных операций всех отраслей хозяйства. Это требует универсальной системы передач, которая снабжала бы любой участок производства практически любым количеством электричества. Такой системой может стать единая высоковольтная сеть сверхмагистральных передач. Дело идет о переброске миллионов киловатт на тысячи километров, и здесь переменный ток не годится. Поэтому техническая

задача, которую Союз ставит перед собой (уже сейчас, так как подготовка колоссального проекта единой сети требует ряда лет), в свою очередь, ставит перед физикой проблему постоянного тока. Здесь мы подходим к границам техники трехфазных передач.

Но можно е щ е д а л ь ш е проследить тенденции электрической техники. Дело идет к осуществлению передачи электроэнергии без проводов. Конечно, это — дело далекого будущего. Но такая перспектива и экспериментальная работа в этом направлении потребуют практического применения новейшей физики, именно самых последних глав теории поля, вписанных в науку Эйнштейном. Это единственный путь к тому, чтобы эти теории потеряли свой формальный и мистический характер, так как п р а к т и ч е с к о е п р и м е н е н и е и м а т е р и а л и с т и ч е с к а я и н т е р п р е т а ц и я н а у к и в с е г д а и д у т р я д о м. На последнем мировом энергетическом конгрессе Валлаури говорил о превращении всего пространства в резервуар электрической энергии, откуда каждый сможет черпать любое количество ее. П о с л е полного овладения с о в р е м е н н о й техникой, п о с л е следующего этапа (постоянный ток) этот вопрос станет для социалистической страны практическим вопросом хозяйства. Поэтому он уже сейчас является актуальным для науки.

Можно предвидеть, что передача энергии без проводов будет связана с коренной революцией в получении энергии. Если единая высоковольтная сеть передач постоянного тока соответствует Ангаре, Кура-Риону и подземным газогенераторам, то схема Валлаури соответствует получению внутриатомной энергии путем искусственного разрушения ядер.

По всей вероятности, для этого придется использовать круг явлений с необычными скоростями движения. Но здесь мы сталкиваемся с ограниченностью современной квантовой механики. Скоростями, близкими к скорости света, можно оперировать лишь в том случае, если включить в теорию процесса уравнения относительности. Речь идет о создании новой теории. Здесь, на пороге величайшего открытия в истории человечества, электронная теория обнаруживает в последний раз свою недостаточность. В последний раз — потому, что выход — в синтезе с теорией поля, с теорией относительности. Объединение двух линий теоретического развития должно быть завершено. Это будет соответствовать полному объединению двух линий электрической техники.

Две теории сольются в результате коренной переработки, последовательной материалистической интерпретации и беспощадного изгнания не только принципа дальнодействия, но всех остальных фетишей науки — в частности механистических фетишей. Новая теория также превзойдет теорию Фарадея, как армия пролетариев — людей самой активной производственной и революционной практики, армия, вооруженная сознательно применяемым методом, превосходит кучку ремесленников, ковавших техническое оружие капитализма, и как могучая техника коммунизма превосходит первые шаги паровой техники.

И. МИТТЕЛЬМАН

Материалы к истории теплотехники и теплоэнергетики за первую пятилетку

Введение

Развитие техники капиталистической России принято вообще оценивать по уровню 1913 г., оптимальному для промышленности довоенного периода. То же в равной степени относится и к энергетическому хозяйству, достигшему в то время кульминационной точки своего развития.

Тем не менее даже беглый анализ сравнения современной энергетики нашего Союза и предвоенной России наглядно иллюстрирует мизерность масштабов энергетики дореволюционной России и крайне низкий уровень ее качественных и количественных показателей.

Говоря о качественных показателях, мы прежде всего имеем в виду:

1) гегемонию паромашинного хозяйства, преимущественно в фабрично-заводских центрах России, в частности — в энергетике легкой промышленности Петербурга, центральных губерний, Поволжья, Юга и Кавказа;

2) начальный период заметного проникновения паровой турбины, максимальная мощность которой к 1917 г. достигла 10 тыс. kW (Раушская ГЭС в Москве);

3) небольшую долю участия двигателей внутреннего сгорания (преимущественно дизелей мощностью до 300 *л. с.*) в энергетическом оборудовании коммунальных станций.

Почти все крупные по тому времени тепловые электростанции России базировались на мазуте, донецком и импортном угле, нерационально сжигавшихся преимущественно в ручных или полумеханических топках. Местные топливные бассейны — Подмосковный и Уральский — эксплоатировались в совершенно ничтожных масштабах.

Тарифная политика того времени, покровительствовавшая бакинской нефти и донецкому антрациту, сильно тормозила развитие нарождавшейся торфяной промышленности и внедрение торфа как топлива для котельных фабрично-заводских электростанций. Капиталистическая Россия не пошла дальше ручной шахтной топки, которая в сильной степени лимитировала мощность котельного агрегата, а следовательно, и всей станции в целом. Нет поэтому ничего удивительного в том, что довоенная энергетика России почти не знала районных электростанций крупного и даже среднего масштаба, изобилуя мелкими малоэкономичными и немеханизированными тепловыми установками, за исключением больших петербургских, московских и бакинских электростанций общей мощностью (в 1917 г.) 147 тыс. kW. Эти станции по существу были не районными, а городскими коммунальными оборудованными агрегатами мощностью максимум 10 тыс. kW и котлами поверхностью нагрева не больше 400 $м^2$ в одном агрегате.

Использование отработанного тепла и строительство теплоэлектроцентралей в условиях царской России могли быть лишь предметом академических изысканий. На практике ограничивались лишь случайными и небольшими рационали-

заторскими работами в отдельных отраслях промышленной энергетики (преимущественно текстильной и пищевой).

В этом сказалась природа частнокапиталистического хозяйства, которое и сейчас в сильной степени лимитирует развитие теплофикации и строительство теплоэлектроцентралей на Западе.

Вместе с тем тяжелое топливное положение дореволюционной России, особенно в период мировой войны, не могло не толкать научную мысль в направлении совершенствования теплотехнической основы энергетики.

Обилие научно-исследовательских работ, которые не могли быть реализованы в условиях царской России и были произведены в период с 1912 по 1917 г., лишь подчеркивали отсталость практической теплотехники. Но в этих опытах в условиях полного отрыва от Запада (1914—1917) кристаллизовалась теплотехническая мысль, которая дала двух крупных теплотехников и не менее характерных представителей буржуазной идеологии — профессоров В. И. Гриневецкого и К. В. Кирша. Первый из них, В. И. Гриневецкий, положил начало технико-экономическому исследованию теплосилового хозяйства и строительству первых крупных теплосиловых фабричных установок России. На долю же проф. К. В. Кирша выпали другие не менее важные задачи. Он изучил свойства основных русских топлив, доминировавших в тепловом хозяйстве России (антрацит, каменные угли Донбасса, 1912—1916), и новых топлив (подмосковный уголь, торф, 1916—1919), появившихся на рынке во время империалистической и гражданской войн; создал теорию расчета котельных установок и их построения в конкретных условиях экономики и развития теплотехники того времени; наконец, проф. Кирш участвовал в постройке первой крупной районной электростанции на торфе «Электропередача» в Богородске.

Являясь буржуазными учеными, и проф. Гриневецкий[1] и проф. Кирш не сумели понять тех перспектив, которые открывала перед техникой советская власть. Они не поняли того, что только уничтожение капиталистического строя, только плановое хозяйство создает действительные возможности решительной ликвидации топливного дефицита в стране и коренной перестройки всей ее энергетической базы.

Гриневецкий в своей книге «Послевоенные перспективы русской промышленности» и Кирш в книге «Топливоснабжение России» (обе изданы в 1918 г.) исходили в оценке наших перспектив от тезиса, что «Россия является страной с органическим дефицитом топлива», не понимая, что этот тезис мог относиться лишь к России царской, дореволюционной, у которой не было ни желания, ни сил двинуть разработку природных богатств на благо народа. Советская действительность опровергла необоснованные утверждения Кирша и Гриневецкого о сравнительной бедности нашей страны топливными запасами. По приросту добычи нашего основного топлива—каменного угля—мы занимаем теперь третье место в мире, обогнав Германию, Францию, Японию и Польшу. В то время как добыча угля в капиталистических странах по сравнению с 1913 г. все время понижается (особенно резко в период кризиса), в СССР она выросла в 1930 г. на 62%, а в 1933 г. на 130%, против 1913 г., оптимального в конъюнктуре довоенного хозяйства России. Бурное развитие наших новых каменноугольных бассейнов—Кузнецкого, Уральского, Подмосковного и Карагандинского—в связи с электрификацией страны и ростом транспортных связей полностью разбивает ложные пророчества о неизбежности органического топливного дефицита и об отсутствии возможностей для стремительного роста нашей топливодобывающей индустрии.

Разбиты и основные принципиальные политические установки одного из корифеев теплотехнической школы, утверждавшего, что вопрос о воссоздании топливодобывающей индустрии упирается «в слабость, неорганизованность и неавторитетность государственной власти» (К. В. Кирш). Практика советского

[1] Которого т. Кржижановский на VIII Всероссийском электротехническом съезде (1927 г.) аттестовал апологетом крупной капиталистической промышленности.

строительства в период восстановления и реконструкции народного хозяйства наглядно убедила в том, что только благодаря громадным преимуществам советской, плановой системы хозяйства, колоссальному авторитету советской власти и руководящей роли партии мог быть достигнут безусловный и решительный сдвиг в восстановлении и развитии топливной промышленности — нефтяной, торфяной и угольной. Широко известны крупнейшие прогрессивные сдвиги в структуре топливного баланса Союза.

В своих набросках плана научно-технических работ (апрель 1918 г.) Ленин четко указывал на необходимость «использования непервоклассных сортов топлив (торф и уголь худших сортов) для получения электрической энергии с наименьшими затратами на добычу и перевоз горючего». Это положение, как известно, стало руководящим началом плана электрификации Страны советов и, в сочетании с развернутым строительством районных сетей, обеспечило его реализацию и перевыполнение в более короткие сроки, чем намеченные планом Гоэлро.

Указания Владимира Ильича, директивы партии, воплощенные в плане Гоэлро, легли в основу развития послереволюционной теплоэнергетики. Итоги же первой пятилетки показали, что партия и правительство сумели мобилизовать техническую инициативу, технический опыт теплотехников и направить ее по руслу общей политики социалистической индустриализации — решительного укрепления позиций социализма.

Период полного восстановления и расширения фабрично-заводского теплосилового хозяйства к началу реконструкции энергетического хозяйства страны (1923—1928)

Основные черты этого периода

Период, непосредственно предшествовавший первой пятилетке, ознаменовался, как известно, сильным подъемом нашего хозяйства и доведением его до уровня довоенных показателей. В некоторых же отраслях промышленности этот уровень был к концу данного периода превзойден. Это, конечно, не могло не отразиться на состоянии энергетического теплосилового хозяйства.

В противовес первым объектам электрификации (1919—1921) — Кашира I, торфяная ГЭС «Уткина заводь» в Ленинграде (ныне «Красный Октябрь»), Кизел I (1921—1923), — проектировавшимся в условиях блокады, трудности освоения новых местных топлив и изношенности теплосилового оборудования, проектирование новых крупных электроцентралей, в том числе Шатуры I, Нижегородской I, Штеровской, затем Шахтинской и Кривой Рог, совпало с началом развития хозяйственных и технических связей с Западом. Это дало возможность нашим теплотехникам познакомиться с современным энергооборудованием и новыми районными электростанциями Германии, Франции и заимствовать лучшие образцы зарубежного энергостроительства и отдельных звеньев его теплового хозяйства. Наша котлотурбинная промышленность на данной стадии развития советской индустрии не поспевала за ростом электрификации страны. Поэтому, характерной чертой энергостроительства в период, предшествовавший пятилетке, является ориентировка почти исключительно на импортное тепловое оборудование.

Угольные электростанции

Особенно резко этот момент определился в процессе проектирования и строительства угольных районных электроцентралей, строившихся в Донбассе на антрацитовом штыбе. Эти станции явно носят следы приемов и методов зарубежного проектирования и компановки теплового оборудования. Уже в 1922 г. в результате предварительных испытаний стало ясно, что для крупных электро-

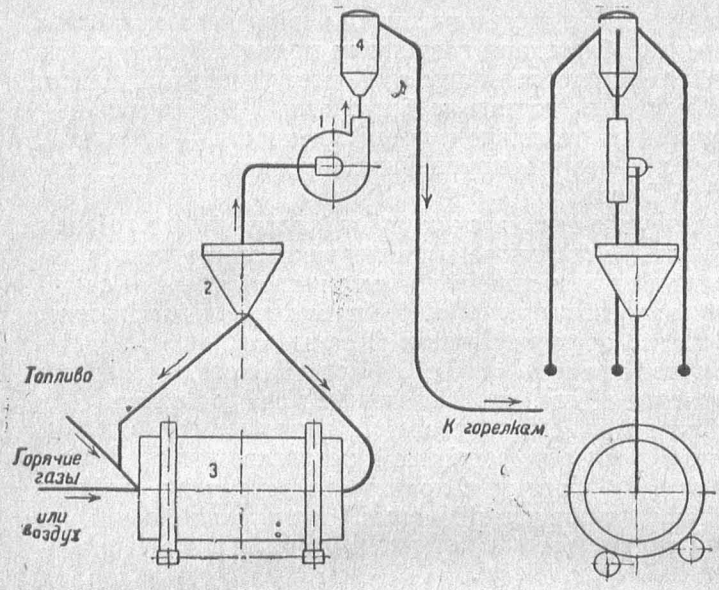


Рис. 1. Схема индивидуальной системы помола

централей обычные способы сжигания АШ и АРШ на механической цепной решетке абсолютно неприемлемы ввиду специфических свойств этих углей: большая зольность, незначительное содержание горючих летучих, мелкозернистость и связанный с ней механический пережог топлива. Эти факторы заставили прибегнуть к другому, более рациональному методу решения проблемы, а именно, к сжиганию пылевидного топлива. Последнее, начиная с 1924 г., шаг за шагом укрепляло свои позиции в нашем энергостроительстве.

Внедрение в теплоэнергетику наших станций угольной пыли обеспечило выполнение и перевыполнение плана Гоэлро в угольных центрах нашего Союза в количественном и в качественном отношениях.

Внедрение пылевидного топлива в сильной степени затруднялось тем, что мы были слабо информированы о достижениях зарубежной углепомольной техники и довольствовались лишь литературными данными, в то же время заграница весьма скудно была осведомлена о специфических свойствах наших новых местных топлив, в частности — антрацитового штыба.

Хотя вопрос о сжигании штыба был бесповоротно решен в пользу угольной пыли (1925)[1], тем не менее, в условиях полного отсутствия собственного эксплоатационного и конструкторского опыта в деле пылеприготовления и сжигания, неизбежно было подражание заграницe, выразившееся, главным образом, в том, что и мы аналогично Западной Европе и США прошли фактически три стадии развития пылеугольных электростанций, а именно:

I стадия — применение центральной системы пылеприготовления (1922—1928)[2];

II стадия — применение чисто индивидуальной системы пылеприготовления (1926—1930) (рис. 1) и, наконец,

III стадия — применение смешанной, полуцентральной системы с промежуточными пылевыми бункерами (рис. 2) (1930—1934).

Общая характеристика пылеугольных установок

Профиль пылеугольной котельной установки того периода уже представлялся в виде сочетания котла с воздухоподогревателем, рассчитанным на подогрев до 160—180° С, при отсутствии водяного экономайзера, функции которого, как правило, перешли к так называемому регенеративному циклу подогрева питательной воды в машинном зале. Средний мераж котлов колебался в преде-

[1] Необходимо отметить напряженную борьбу, которую пришлось выдержать сторонникам и проводникам идеи пылесжигания с консервативной и менее дальновидной частью крупных теплотехников, упорно отрицавших рациональность применения угольной пыли в наших условиях.

[2] Здесь отмечены годы начала и конца проэктирования.

лах от 600 до 750 $м^2$ с предельным съемом пара до 35 $т/час$ (Штеровка — 610 $м^2$, Саратов — 600 $м^2$, Кривой Рог — 700 $м^2$, Кашира — 750 $м^2$), и максимальный метраж достигал — 1 000 $м^2$ при съеме до 50 $т/час$ и оптимальном КПД порядка 75 — 77%.

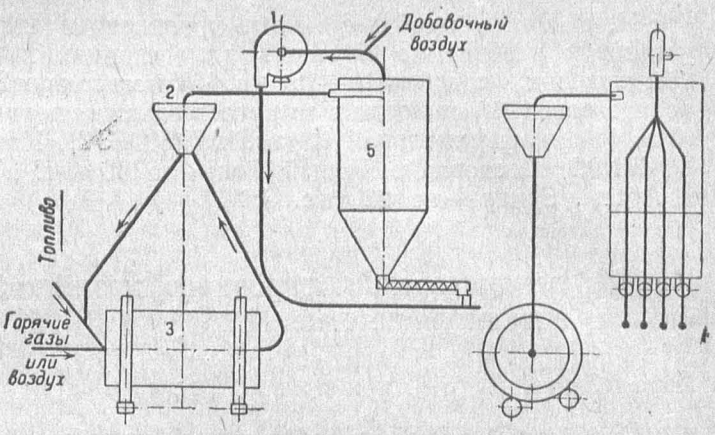


Рис. 2. Схема смешанной системы помола (с промежуточным бункером)

Торфяные электростанции

Переходя к торфяным котельным, следует указать, что весь период, непосредственно предшествовавший первой пятилетке (1923 — 1928), ознаменовался:

1) внедрением кускового машиноформовочного торфа и гидроторфа и полным их освоением в крупных котельных, оборудованных исключительно шахтно-цепными топками (Макарьева) (рис. 3);

2) ростом мощности котельного агрегата и его метража от 400 до 750 $м^2$ (ГЭС Классона после модернизации, Шатура I и НИГРЭС I);

3) применением подогрева воздуха, возросшего со 110 до 200° С к 1928 г. (Шатура, ГОРГРЭС), и стабилизацией среднего эксплоатационного съема пара в пределах до 50 $кг/м^2\ час$, при КПД установки, приближающемся к 82—83%, т. е. почти к показателям работы нефтяных котельных.

Необходимо отметить конструктивные изменения шахтно-цепной топки (экран инж. Елизарова и др.), а также повышение напряжения решетки и мощности топочной камеры благодаря внедрению специального, позонного подвода горячего воздуха, усовершенствованию конструкции шлакоснимателя и других деталей решетки.

Общая характеристика тепловых электростанций

Качественные показатели, присущие этому этапу, нельзя назвать скромными: за исключением трех-четырех электроцентралей с низким давлением пара на котлах 16—18 *ата* и перегревом пара до 375—390° С (Шатура, Классон, Кашира, Штеровка), все остальные ГРЭС ориентируются уже исключительно на повышенное давление 28—30 *ата* при перегреве пара до 400° С (Артем I, Саратов, Кривой Рог и Эсхар).

Вместе с тем заметно совершенствуется принципиальная тепловая схема, которая включает наряду с подогревом воздуха и регенеративный цикл подогрева питательной воды (доходящей до 95° С в ГРЭС первой группы и 145° С в ГРЭС второй группы) за счет тепла отъемного пара в паровых турбинах.

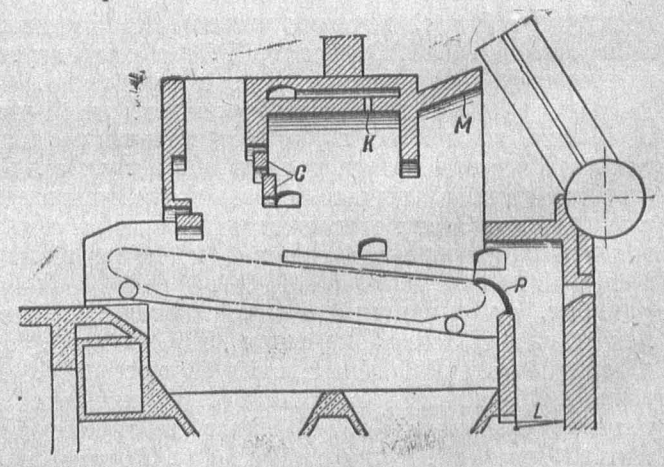


Рис. 3. Шахтно-цепная топка проф. Т. Макарьева

И, наконец, наиболее ярким проявлением количественного роста наших установок необходимо признать рост единичных мощностей турбоагрегатов, достигающих в среднем 10—16 тыс. kW и максимум 22 тыс. kW в одном агрегате против средней мощности в предшествовавшем периоде 5—6 тыс. kW (Кашира, Классон) и максимальной 10 тыс. kW (МОГЭС, «Красный Октябрь»), а именно: ГОРГРЭС, Штеровка и Кривой Рог — по 10 тыс. kW, Шатура I — 16 тыс. kW и Артем, Эсхар — по 22 тыс. kW.

Период реконструкции народного хозяйства и его энергетической базы в первой пятилетке

Пятилетний план и план Гоэлро

Пятилетний план социалистической индустриализации нашей страны имел своей конечной целью превратить Союз из страны аграрной в высокоиндустриальную страну с крупнейшим в мире коллективизированным сельским хозяйством. В этом плане энергостроительство занимало крупнейшее место.

Чрезвычайно интересно сопоставить показатели выполнения пятилетнего плана с теми наметками, которые фигурировали в ленинском плане электрификации России (Гоэлро).

Прежде всего начнем с распределения энергетических точек по плану Гоэлро. Электрификация по плану Гоэлро (если говорить о тепловых электростанциях) затрагивала в основном старые промышленные районы, в первую очередь столичные города, Донбасс, Баку, небольшую часть Урала и притом в весьма скромных размерах по сравнению с масштабами пятилетки. Так, например, мощность, запроектированная для Шатуры, не превышала 48 тыс. kW, для Челябинска — 40 тыс. kW, для Каширы — 60 тыс. kW, для Штеровки — 40 тыс. kW, для ГОРГРЭС — 44 тыс. kW. Фактически же мощности этих электростанций к концу первой пятилетки составляли: Шатура — 136 тыс. kW, Кашира — 186 тыс. kW, Штеровка — 157 тыс. kW, ГОРГРЭС — 158 тыс. kW, Челябинская ГРЭС — 100 тыс. kW.

План Гоэлро намечал постройку 30 районных тепловых и гидравлических электростанций суммарной мощностью в 1 500 тыс. kW за 10—15 лет. На самом деле прирост мощности ГРЭС выразился в 9 лет со дня утверждения этого плана в размере 1 750 тыс. kW, причем значительная часть ее приходится на новые предприятия и промышленные районы, которые не фигурировали вовсе в плане Гоэлро. В первую очередь это относится к таким сооружениям, как Урало-кузнецкий комбинат, Березниковский химкомбинат, Бобриковская ГРЭС, Сталинградская ГРЭС, Зуевская ГРЭС и ряд других крупных объектов, составляющих узловые звенья первой пятилетки.

Переходя от количественных показателей к качественным, нельзя не отметить, что план Гоэлро ориентировался главным образом на сжигание местных топлив в натуральном виде; реализация же этого плана шла в первую очередь по линии внедрения пылевидного топлива. Этот метод сжигания топлива оказался в то же время общим революционизирующим фактором, в корне видоизменившим характеристику и профиль нашей тепловой ГРЭС.

Так, максимальный метраж котельного агрегата мыслился при составлении плана Гоэлро не выше 500—600 $м^2$, съем пара до 15—18 *т/час*, а мощность турбогенератора 10 тыс. kW. Между тем средний метраж котельного агрегата в годы первой пятилетки достиг 1 500 $м^2$ при паропроизводительности до 90 *т/час* и максимуме в 3 134 $м^2$ при паропроизводительности 192 *т/час* (Кашира). Максимальная же единичная мощность турбогенераторов достигла 50 тыс. kW.

В плане Гоэлро средний часовой съем пара не превышал 25—30 *кг/м²*. Фактически же средний часовой эксплоатационный съем на торфе составляет 45 *кг/м²*, а максимальный—55—60 *кг/м²*, на угольной пыли—55—60 *кг/м²*, максимальный — 80—100 *кг/м²*.

Основные тепловые параметры теплосиловых установок первой пятилетки, в первую очередь начальное давление пара на котлах (от 30 до 37 *ата*) и температура перегрева (от 375 до 450°), не могут итти ни в какое сравнение с теми факторами, которыми оперировал план Гоэлро, ориентировавшийся на оптимальные параметры давления на котлах в 20 *ат* при перегреве пара до 375° С.

Разумеется, составители плана Гоэлро не могли в достаточной степени предвидеть и учесть последующее развитие зарубежной и советской теплотехники, выразившееся, главным образом, в применении так называемого регенеративного цикла подогрева питательной воды отъемным паром из турбин, который в сочетании с сильным внедрением подогрева воздуха за счет тепла уходящих газов послужил внушительным средством для повышения КПД всей теплосиловой установки в целом от 18 до 23% против 13—15% в период составления плана Гоэлро.

Наконец, видное место в теплоэнергетике первой пятилетки занимают неучтенные планом Гоэлро теплофикация и строительство фабрично-заводских и крупных районов теплоэлектроцентралей. Последние по своему оборудованию и основным тепловым характеристикам выдвигают нашу энергетику на передовые позиции в мировой энергетике и служат сейчас основной отправной точкой для дальнейшего проектирования теплоэлектростанций во второй пятилетке.

Принцип централизации выработки электроэнергии на базе местных топливных ресурсов, получивший свое яркое выражение в плане Гоэлро, стал осуществляться во всей своей полноте в годы пятилетки — по мере роста потребителей и индустриализации нашей страны. К числу наиболее характерных черт этого периода, выгодно отличающих его от предыдущих лет энергостроительства, следует отнести накопление большого практического и научно-исследовательского опыта самостоятельного проектирования крупных теплосиловых установок, котельных агрегатов и всего оборудования ГРЭС.

Наряду с общим перевыполнением технических наметок Гоэлро в первой пятилетке были и отстающие звенья. К числу их следует отнести:

1) отставание в создании собственной солидной энергомашиностроительной базы, которая могла бы обеспечить оборудованием наши новостройки;

2) отсюда, как следствие, отсутствие каких бы то ни было стандартов теплосилового оборудования, без чего немыслимо было создание типовых теплосиловых установок для различных видов местных топлив;

3) вследствие этих же причин — практическая ориентация на заграничное теплосиловое оборудование, что в условиях необычайно стремительных темпов строительства затрудняло и сводило почти на-нет всякие попытки типизации теплосиловых установок.

Все это приводило к тому, что на выбор того или другого теплосилового заграничного оборудования, предназначавшегося для определенного объекта энергостроительства, влияли наряду с техническими факторами и факторы чисто экономические, включая сроки изготовления оборудования, которые иногда решали участь того или другого варианта. В результате имело место сильное искажение наших эскизных и технических проектов и отдельных положительных решений. Отсюда и проистекает некоторая пестрота тепловых схем, которая наблюдается в рабочих проектах наших ГРЭС.

Наряду с этим качественные характеристики оборудования носят на себе, с одной стороны, следы постоянного совершенствования и практических достижений в области освоения местных топлив, с другой стороны, на них отражалась в каждом отдельном случае удачность выбора заграничного оборудования и его соответствия специфическим условиям и особенностям проектируемой установки. Последний фактор меньше всего проявился в котельных установках, работаю-

щих на торфе и нефти, для которых мы обрели свои оригинальные пути технической политики и творческого проектирования и вырабатывали технические условия. Больше же всего зависимость от удачного выбора заграничного оборудования сказалась на пылеугольных установках. В этой области мы в первые годы пятилетки накапливали только опыт и ориентировались на принципы сжигания, применявшиеся в передовых странах Запада. И, наконец, при выборе оборудования машинного зала мы обычно целиком зависели от технически установок, господствовавших на Западе, а в большинстве случаев даже от технических установок тех турбостроительных заводов, которые поставляли то или другое оборудование.

Новые тепловые ГРЭС и ТЭЦ и их характеристики

Оборудование новых тепловых электростанций периода первой пятилетки резко отличается от оборудования станций, построенных в предшествовавший ей период, прежде всего бо́льшей однородностью. Не подчиняются этому правилу ТЭЦ, что объясняется особенностями их принципиальной тепловой характеристики (высокое и сверхвысокое давление, вторичный перегрев пара, специальный тип форшальт-турбин и т. д.), а также исключительной новизной проблем, связанных с их сооружением. По существу же и наши новые ТЭЦ обладают стройными тепловыми схемами, что в достаточной мере окупает неоднородность их оборудования.

Анализ данных о ходе развития теплосилового оборудования новых энергетических установок первой пятилетки позволяет притти к следующим принципиальным выводам (табл. 1 и 2):

Таблица 1

Показатели теплового оборудования торфяных ГРЭС

Торфяные ГРЭС	По старым торфяным установкам		Новые установки пятилетки
	к началу пятилетки	к концу пятилетки	В периоде и к концу пятилетки
Производительность котла (в *т/час*)	26—35	75—90	35—50—75—150
Ср. взвеш. мощность кот. агр. (в MW)	2,5—4,1—5,3	7,7—9,0—9,3	4,0—8,3—13,3—22,2
То же привед. к суммарн. мощн. ГРЭС (в MW)	3,9	8,1	13,2
Давление пара (в *ата*)	16—18	16—18—30	30—34—36
Перегрев (в °С)	375—400	400—425	425
Подогрев воздуха (в °С)	110	200—250—275	230—250—275
Минимальное соотношение числа котлов и турбин	3:1	2,7:1 (Горький)	1,8:1 (Ярославль)
Средн. соотношение числа котлов и турбин	2,75:1	2,9:1	2:1 (1,87:1)
Число барабанов	5—4	4—3	3
Число турбоагрегатов	11	23	16
Число котельных агрегатов	29	66	30

1. Установившийся тип котла на подавляющем большинстве установок — это трехбарабанный вертикальный водотрубный котел, преимущественно системы Стерлинга в той или другой ее модификации. На втором месте стоят четырехбарабанные котлы и на последнем — горизонтальные секциональные Бабкок и Вилькокс полуморского типа.

2. Основное давление пара в котлах почти всюду колеблется в весьма узком диапазоне, а именно от 30 до 32 *ат*. Только три-четыре установки.

работают на давлениях порядка 34—36 *ат*, одна установка (Березники) — на 64 *ат* и, наконец, ТЭЦ ВТИ — на 130 *ат*.

3. Перегрев пара составляет преимущественно 400°С, но в ряде установок доходит до 425° С, на одной до 450° С и, наконец, в ТЭЦ ВТИ — до 500° С.

4. Регенеративный подогрев питательной воды в машинном зале стал органически неразрывным элементом принципиальной тепловой схемы станции. Степень его внедрения характеризуется конечной температурой питательной воды при выходе из последнего подогревателя. Температура подогрева на большинстве установок составляет 140—145° С, в Березниках — 180—190° С и на ТЭЦ ВТИ — 210—220° С.

5. Наряду с регенеративным циклом большое значение приобретает подогрев воздуха в воздухоподогревателях за счет тепла отходящих газов. Почти совершенно отсутствуют водяные экономайзеры. Однако следует отметить, что диапазон подогрева воздуха весьма широк — от 200° С (Киев) до 350° С (Кузнецк) и 400° С (Зуевка). Такая диференциация неизбежна в условиях разнородности углей и постепенного совершенствования и качественного роста котельного агрегата на угольной пыли. Здесь играют крупную роль такие факторы, как содержание летучих, степень экранирования, органическое сочетание топки с котлами, особенности построения топочной камеры и т. п. В менее резких формах эти колебания замечаются на торфяных установках, где температура подогрева воздуха остановилась на более низком пределе, нежели в пылеугольных системах, а именно температурах 250—300° С. Это объясняется тем, что для торфа применяется цепная механическая решетка, не выдерживающая при слоевом процессе горения высоких температур.

Таблица 2

Показатели теплового оборудования угольных ГРЭС

Пылеугольные ГРЭС	По старым угольным установкам		Новые установки пятилетки
	к началу пятилетки	к концу пятилетки	
Производит. котла (в *т/час*)	18—20	75—90	75—90—125—160
Ср. взвеш. мощность котла (в *MW*)	1,5—3,3—3,8	7,5—8,4—12,4	4—5,7—12,9—14,1
То же, привед. к суммарн. мощн. ГРЭС (в *MW*)	2,6	9,0	10,2
То же оптимальное (в *MW*)	3/8	12,4 (30,0)	14,1
Давление пара (в *ата*)	16—18	18—30	30 - 63
Перегрев (в °С)	375	400—425	425—450
Подогрев воздуха (в °С)	160—180	250—300—315	250—315—400
Миним. соотн. числа котлов и турбин	1,5 : 1 (Саратов)	1,70 : 1 (Саратов)	1,1 : 1 (Кузнецкая)
Среднее соотношение числа котлов и турбин	2,4 : 1	2,30 : 1	2 : 1
Число барабанов	5,4,3	3	3,1
Число турбоагрегатов	8	22	48
Число котельных агрегатов	19	51	97

Сдвиги, которые произошли в нашей теплоэнергетике, в основном сводятся к переходу от старых и отсталых методов генерации пара к новым, более совершенным, обеспечивающим повышение КПД котельной установки и всей теплосиловой установки в целом. Благодаря этому имеет место значительное удешевление электроэнергии. Благодаря этому советская энергетика выдвигается на уровень завоеваний современной западноевропейской и американской техники.

Торф — база электрификации Ленинграда, БССР, Московской, Западной, Ивановской и Горьковской областей

В генеральном плане электрификации страны торфяное топливо занимает наряду с угольным видное место. Достаточно указать, что из суммарной мощности районных электростанций Союза, составляющей в 1933 г. 2 642 тыс. kW, на долю торфяных ГЭС приходится 739 тыс. kW, или около 28%, а в установленной мощности отдельных районных и областных энергообъединений удельный вес торфяных электростанций колеблется в пределах от 38,4% (Москва) до 100% (Белоруссия) (табл. 3).

Таблица 3

Рост мощности торфяных ГРЭС в период пятилетки

Наименование ГРЭС	Установленная мощность в kW		Рост мощности в %	Темпы стройки (в годах)
	1928 г.	1932 г.		
Первая группа				
Шатурская	48 000	180 000	375	10
«Красный Октябрь»	20 000	108 000	540	8
Горьковская	20 000	158 000	790	8
Ярославская	8 000	33 000	412	6—7
Итого	96 000	479 000	500	8
Вторая группа				
Ивановская	—	72 000	—	3
Осиновская	—	20 000	—	3
Брянская	—	22 000	—	4
Дубровская	—	100 000	—	2
Итого	96 000	793 000	826	3

Как указывалось уже выше, торф мы осваивали с начала до конца сами, в условиях полного отсутствия какого-либо практического опыта по сжиганию торфа и проектированию торфяных районных электростанций как у нас, так и за границей.

Конструкция шахтно-цепных топок и их эволюция в период первой пятилетки

Развитие старых торфяных электроцентралей (Шатура, «Красный Октябрь», Балахна) и строительство новых (Брянская, Ивановская, Осиновская, Ярославская и Дубровская) предопределились прежде всего бесспорными достижениями в области топочной техники. Последнее выразилось:

1) в введении повышенных температур подогрева воздуха, идущего в топку (с 110 до 250—300° С), что в сильной степени интенсифицировало процесс горения и радикальным образом повысило весовые и тепловые напряжения решетки и зеркала горения;

2) в правильном выборе сочетания топочной камеры с передними лучевоспринимающими пучками кипятильных труб котла и рациональном выборе объема топочной камеры, что не могло не отразиться на коэфициенте прямой отдачи камеры, качестве организации процесса горения торфа в слое и перемешивании газов и, наконец, на коэфициентах теплопередачи отдельных звеньев котла;

3) в крупных успехах в области конструирования шахтно-цепных топок и отдельных деталей ее тепломеханического оборудования.

Основные усовершенствования выразились в том, что конструкторам удалось преодолеть трудности, связанные с большими размерами цепных механических решеток.

На очереди — полное освоение этих конструкций нашими заводами и конструкторскими бюро, которые по имеющимся сведениям подготовились к выпуску цепных механических решеток для котлов производительностью 160 *т/час*. Как показал опыт эксплоатации наших ГРЭС и крупных котельных, исключительно важным фактором, обусловившим быстрое сравнительно освоение мощных котельных агрегатов на торфе (160 *т/час*, Дубровка), оказался секционный подвод горячего воздуха под колосники цепной решетки — первое и необходимое условие для правильной и экономичной регулировки процесса горения торфа.

Разбивка этого процесса по длине решетки на отдельные фазы, или стадии (зажигание, горение и дожигание), путем применения малозонного (3—4 секции) и многозонного (5—7 секций) распределения воздуха в меру потребности для данной фазы горения, пришла на смену старой и мало оправдавшей в эксплоатации системе свободного подвода воздуха под всю цепь. Сравнение этих двух систем показало целесообразность и практичность первой и полную непригодность второй, так как при ней регулирование резко ухудшается, и получение правильного процесса горения при колеблющихся нагрузках оказывается почти невозможным.

Наряду с секциональным дутьем под решетку существенное значение приобрело применение подвода воздуха под запальные своды и колосники предтопков (в топках Макарьева и Елизарова), оказавшееся действительной и эффективной мерой подготовки торфа в предтопке и позволившее шахтно-цепной топке работать одинаково экономично в весьма широких диапазонах влажности торфа.

Существенным элементом регулировки и организации процесса горения в топочной камере следует считать также подвод вторичного воздуха в щель верхнего зажигательного свода из дутьевого канала непосредственно в топку.

Сочетание всех трех методов регулировки процесса горения торфа, как показал позднее опыт эксплоатации станции, оказалось действенным и неоспоримым средством в руках теплотехников и дало им полную возможность достигнуть оптимальных показателей работы котельных агрегатов даже в условиях резких колебаний качества торфа.

Второстепенный, но тем не менее важный момент эволюции техники торфосжигания—это применение водоохлаждающей защиты, устраняющей прикипание шлаков к кладке топки и неравномерное выгорание топлива по ширине решетки. Характерно, что эта деталь в условиях эксплоатации советских торфяных ГРЭС претерпела примерно такие же три стадии развития, как и охлаждающие водяные трубки в пылевидных топках. И действительно, от неэкономичной системы охлаждения и циркуляции воды и сравнительно примитивных конструкций панелей охлаждения, соответствовавших простым или сравнительно несложным требованиям эксплоатации первых крупных агрегатов первой очереди ШГРЭС, мы перешли в дальнейшем, уже в период 1929—1931 гг., к включению водоохлаждающих балок в циркуляционную систему котла (Шатура III, Иваново, Балахна и «Красный Октябрь»), ограничиваясь при этом охлаждением шлакового порога и боковых стенок и включая также и ступенчатые плоские своды, образующие предтопок. И, наконец, последняя, третья, стадия этого процесса развития (1931—1933 гг.), характеризующая оптимальные показатели оборудования торфяных топок, выразилась уже во внедрении экранных охлаждающих поверхностей в камеру шахтно-цепной топки, вначале довольно робком (пример—неосуществившийся проект введения фронтального экрана в области конвективного пучка котельного агре-

гата Ивановской ГРЭС), а затем в реальных и относительно больших размерах (Ярославская ГРЭС и Дубровская ГРЭС). Здесь экранирование самой камеры достигло впервые в практике строительства торфоэлектроцентралей почти 8% по отношению к котельной поверхности нагрева при наличии колодезного типа камеры.

Цифровые эксплоатационные и проектные данные показывают, что этот фактор наряду с прочими оказал большое влияние на увеличение паросъема с единицы поверхности нагрева котла (до 72 *кг/м²* на Дубровкой ГРЭС).

Наконец, шестое и последнее звено во всем комплексе развития топочной техники, претерпевшее ряд изменений и улучшений в рассматриваемый нами период,—последняя стадия процесса сжигания торфа в шахтно-цепной топке — дожигание шлака на цепной решетке.

Первые конструкции оригинальных топок проф. Макарьева снабжались простыми шлакоснимателями и специальными опрокидными дожигательными решетками. Практика их эксплоатации, однако, показала, что при правильной регулировке и организации процесса сжигания шлак подходит к шлакоснимателю прогоревшим. Этим было дано теплотехникам основание отказаться от дожигательной решетки, элемента, в некоторой степени осложнившего эксплоатацию топки. К тому же и сам шлакосниматель, весьма примитивный по своей конструкции, оказался недостаточно надежным элементом топки, что часто приводило к нарушению процесса сжигания, износу, а иногда к выводу топки из строя.

На смену шлакоснимателю и его сочетанию с дожигательной решеткой пришла весьма удачная конструкция так называемых огневых или шлаковых порогов типа Штейнмюллер, к тому времени хорошо себя зарекомендовавшая в практике эксплоатации угольных котельных. И действительно, опыт показал, что шлаковый порог оправдывает свое назначение и при сжигании торфа, способствуя полному выжиганию шлака еще на цепи, пропуская в последнюю шлаковую воронку полностью выгоревший шлак.

Кроме того шлаковые пороги представляют собой хорошую завесу, наличие которой позволяет производить текущий ремонт и осмотр на ходу котла. Этого качества лишены были прежние конструкции шлакоснимателей с присущими им недостатками, в частности: прогоранием шлакоснимателей, пропуском холодного воздуха, затруднительностью очистки решетки.

Большую роль сыграли в отношении надежности работы топки герметические шлаковые затворы, хорошо себя зарекомендовавшие как элемент, ускоряющий спуск золы при минимальном штате зольщиков.

Эксплоатационные показатели работы топок

Введение всех указанных усовершенствований естественным образом сказалось на показателях работы топочной камеры и всего котельного агрегата в целом.

Прежде всего характерны основные параметры весовых и тепловых съемов пара и КПД котельной установки, которые в большой мере зависят от работы топки и организации топочного процесса. Многочисленные испытания, произведенные различными научно-исследовательскими институтами, особенно ВИТГЭО (б. ЛОТИ), а также эксплоатационниками Мосэнерго, Ленэнерго и отдельными ГРЭС, показали, что на протяжении 5—6 лет последнего периода в торфяных котельных КПД агрегатов колебался в относительно узких пределах от 80 до 84% брутто, несмотря на резкие колебания качества торфа и повышение, как правило, содержания в нем влаги (40—45%, а иногда 50—55%). Этой стабилизации соответствовал во всех без исключения котельных установках пятилетки общий рост съема пара до 50, 55, 60 *кг/м² час* против 40—45 *кг/м² час* в предшествовавшем периоде.

Переходя к оценке показателей работы топочной камеры, следует отметить, что теплонапряжения зеркала горения, как общее правило, при нормальных

нагрузках котельных агрегатов и температур дутья от 250 до 275° С не превышали в среднем нормального диапазона 1,6—2,1 млн. *кал/м² час*, средневзвешенные весовые показатели—500—700 *кг/м² час* при калорийности торфа 3 000 *кал/кг*. При этих условиях, а также при правильно спроектированной топочной камере и рациональном выборе ее сочетания с котлом, теплонапряжения ее объема не превышают 375—400 *ккал/м³ час*, а потери с химической неполнотой горения 1,5—2% в балансе тепла.

Вместе с тем детальные научно-исследовательские испытания [1], имевшие основной своей целью выявление факторов, влияющих непосредственно на качество процесса горения, обнаружили ряд недостатков, которые прежде всего исходят из неправильной или недостаточно четкой организации фазового процесса горения в слое. Последнее характеризуется разделением работы подвижного слоя на три последовательных стадии: первая с явным избытком воздуха, вторая—с явным недостатком его и третья снова с явным избытком, и, как непосредственное следствие этого, крайне неравномерное распределение весовых и теплонапряжений по зеркалу горения.

По мнению экспериментаторов улучшения процесса, в смысле полного его завершения и интенсификации, перемешивания газов можно добиться путем соответствующего развития топочного пространства. Вместе с тем, ввиду малоинтенсивной работы самой топочной камеры, придается вновь особое значение развитию дожигательной камеры и пересматривается в связи с этим вопрос о целесообразности замены развития передних конвективных поверхностей нагрева (Иваново I и II, Шатура III и Балахна III) экранированием котла в пределах топочного пространства, которому при этом придается конфигурация колодезного типа (Ярославль — Дубровка).

Второй момент коррегирующего порядка — это воздействие на слоевой процесс путем рационального распределения позонной подачи воздуха, причем наилучшим решением признается на данной стадии развития топочной техники независимая подача воздуха в каждую зону. Присущие этой системе гибкость и четкость регулировки играют исключительную роль именно в настоящее время вследствие переменного качества сжигаемого торфа (влажность, количество мелочи). Благодаря этой регулировке достигается перераспределение фаз процесса по длине слоя. Это находит свое выражение в том, что зоны наиболее интенсивного горения либо подтягиваются к началу решетки, либо удаляются от нее в зависимости от степени влажности торфа.

Высказывается положение, что явление химического недожога в сильной мере зависит не только от объема топочной камеры, но и от регулировки подачи воздуха в предтопок. И, наконец, последнее, правда спорное, положение равносильно пересмотру взгляда на сущность организации выжига шлаков на цепной решетке путем замены его специальным дожигательным устройством, фигурировавшим в старых топках Макарьева.

Не входя в анализ положительных и отрицательных моментов, связанных с вводом этого звена, приходится констатировать, что оно имеет под собою некоторое основание, несмотря на то, что укороченная решетка ограничивала бы свободное перемещение фаз процесса по длине слоя.

Выводы

Подытоживая эксплоатационный опыт в области сжигания кускового торфа и этапы эволюции топочной техники, можно притти к следующим принципиальным выводам:

1. При сжигании машинноформовочного и гидроторфа в чистом виде и в смеси с фрезерным (65—70% и 30—35% ф. т.) эксплоатационные преимущества на стороне шахтно-цепной топки.

[1] ВИТГЭО (б. ЛОТИ), стр. 59 «Трудов ЛОТИ», вып. 4; проф. Кнорре Г. Ф.; Семенов И. Д., Гурвич А. М., Стырикович М. А.

2. Дальнейшие работы и усовершенствования в области топочной техники должны итти, главным образом, по линии достижения максимальной четкости организации процесса сжигания путем: а) рационального распределения независимой позонной подачи воздуха, б) углубленного анализа работы последней фазы дожигания шлаков на цепной решетке или вне ее; в) последовательного экранирования топочной камеры как меры, непосредственно повышающей надежность и долговечность работы отдельных ее конструктивных звеньев (охлаждение стенок, сводов, балок и т. д.) и вместе с тем увеличивающей мощность котельного агрегата при оптимальных температурных параметрах горячего дутья (275—325° С).

Брянская ГРЭС (Белые Берега) и проблема освоения фрезерного торфа

Проблема сжигания фрезерного торфа насчитывает уже свыше 5 лет, и строителям Брянской районной электростанции принадлежит инициатива в деле ее реализации. БРЭС, учтя опыт существующих торфоэлектроцентралей и дороговизну оборудования при добыче кускового торфа машинноформовочным или гидравлическим способом, ориентировалась с самого начала в отношении подготовки торфяного болота и эксплоатации на зародившийся тогда фрезерный способ добычи торфа, изобретенный инж. М. Н. Карелиным. С самого начала этот способ сулил получение более дешевого торфа.

Опыты на болоте Пальцо начались с лета 1927 г. под непосредственным руководством Инсторфа. В полном объеме они были проведены в 1928/29 г. и уже тогда окончательно подтвердили правильность ориентировки БРЭС на фрезерный способ добычи.

Однако удешевление торфа на месте его добычи не исчерпывает всей совокупности проблем, связанных с использованием торфа как топлива для котельных. Мы имеем в виду рентабельность сжигания его под котлами станции.

Фрезерный торф представляет собою мелкие частицы, размер которых колеблется от размеров ореха до размеров частиц пыли. Влажность его — от 40 до 50% и даже до 55—60%. Таким образом фрезерный торф представляет собой совершенно новый вид топлива, отличный от кускового торфа. Все опыты по сжиганию фрезерного торфа на обычных ручных и механических цепных решетках, произведенные в 1929 г., дали отрицательные результаты. Тем не менее эти неудачи не остановили дальнейших попыток разрешить проблему сжигания фрезерного торфа. Как и следовало ожидать, этот вопрос привлек внимание многих конструкторов-теплотехников и изобретателей, которые разработали варианты весьма оригинальных конструкций топок применительно к условиям Брянской станции.

Все виды топок для сжигания фрезерного торфа в чистом виде, предлагавшиеся отдельными конструкторами и научно-исследовательскими организациями, можно подразделить на две основные категории: 1) топки для сжигания фрезторфа в натуральном виде и 2) топки для сжигания его после предварительной подготовки.

Из всех топочных конструкций первой категории наиболее простой, дешевой и надежной следует считать топку системы инж. А. А. Шершнева (рис. 4). Она испытывалась в течение 3 с лишним лет на ряде установок промышленного масштаба, претерпевая при этом существенные изменения в своей конструкции. В настоящее время (конец с 1933 г.) работоспособность и надежность работы топки Шершнева в условиях снабжения ГРЭС фрезторфом влажностью от 35 до 50—60% не вызывает у эксплоатационников сомнений, и топка может быть рекомендована для установок, сжигающих фрезторф в чистом виде. Между тем эта топка еще в 1929/30 г. не внушала большого доверия многим теплотехникам.

Остановимся вкратце на конструкции этой топки и на принципе ее действия. Топка эта—камерного типа, в нижней части имеет специальное эжекторное устрой-

ство, которое используется для засоса горячих газов из задней части топочной камеры, для интенсивного перемешивания их с горячим воздухом и подсушки на лету фрезторфа, поступающего в топку сверху из бункера по рукаву и через щели, сделанные в подвесном своде. Таким образом торф интенсивно подсушивается в самой топочной камере и сгорает во взвешенном состоянии. Коренные улучшения в работу топки были внесены путем ряда существенных дополнений и изменений, сделанных автором и ЛОТИ [1], как, например, уничтожение дожигательной решетки, в дальнейшем радикальное мероприятие — уничтожение ядра, которое фигурировало в первоначальных конструкциях,—и улучшение работы питателей для фрезторфа. Ожидаются еще дальнейшие улучшения путем экранирования камеры и устройства металлического охлажденного эжектора.

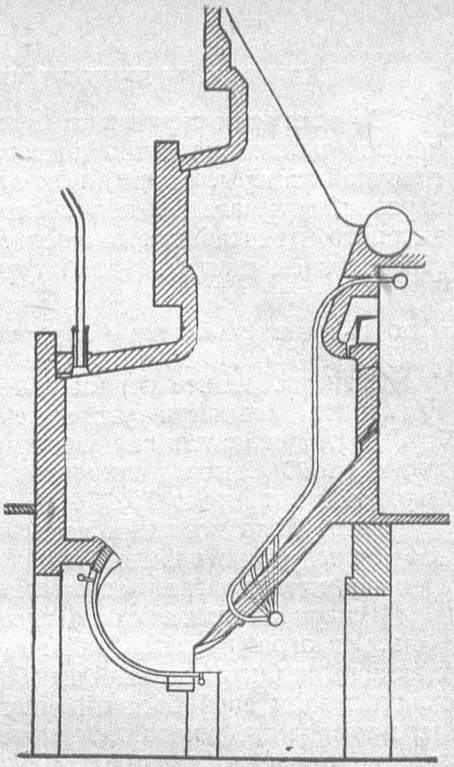


Рис. 4. Фонтанная топка для сжигания фрезторфа инж. А. Шершнева

Брянская районная электростанция, пущенная в 1931 г. в эксплоатацию, 2 года переживала в числе других «детских болезней», характерных для пускового периода, главным образом затруднения, связанные со всеми этапами освоения техники приготовления, питания и сжигания фрезерного торфа. Ее богатый опыт по эксплоатации топки Шершнева и испытания различных систем и конструкций питателей (барабанный, шнековый, стол-сбрасыватель и т. д.) является большим вкладом в нашу теплотехнику.

Из других топок для фрезторфа заслуживает особенного внимания еще устройство для сжигания фрезторфа по так называемому замкнутому циклу. Это устройство испытывалось в течение 2 лет на ГЭС им. Классона, и в результате упорной исследовательской работы эксплоатационного персонала ГЭС и МОГЭС приведено сейчас в состояние, годное для несения эксплоатационной нагрузки.

Схема использования фрезторфа по разомкнутому циклу в настоящее время еще только испытывается на Шатурской ГЭС. Малочисленные испытания, которые над ней производились, не дают оснований выносить каких-либо заключений о степени ее пригодности и рентабельности в условиях эксплоатации районной торфоэлектроцентрали.

Заканчивая на этом обзор торфяной топочной техники в период первой пятилетки, необходимо отметить, что в проектировании и строительстве новых объектов второй пятилетки крупную роль должны сыграть дальнейшие работы как промышленного, так и лабораторно-исследовательского масштаба по внедрению фрезерного торфа. Оно будет итти по двум основным направлениям, а именно по линии освоения фрезторфа в натуральном виде и с предварительной его подготовкой. Возможно, впрочем, разрешение этой проблемы и по третьему варианту, т. е. путем сжигания фрезторфа в пылевидном состоянии. Для этого должны быть преодолены препятствия, связанные с усложнением конструкции помольной установки и недостаточной надежностью и безопасностью работы отдельных ее звеньев.

[1] Ленинградским областным теплотехническим институтом (ныне ВИТГЭО).

Во всех трех случаях развитие котельного агрегата должно пойти по линии максимального внедрения подогрева воздуха, идущего в топку, экранирования топочной камеры, развития экранных поверхностей котла и достижения, таким образом, оптимальных паросъемов с единицы поверхности нагрева при наличии высокого и рентабельного многоступенчатого подогрева питательной воды в регенеративном цикле паровой турбины.

Угольные районные электростанции

В энергобалансе наших районных электростанций и в их установленной суммарной мощности угольные ГРЭС занимают доминирующее положение. Это подтверждается следующими данными. Почти 65% всей суммарной мощности ГРЭС Союза приходится в 1933 г. на угольные электростанции, они вырабатывают около 75% всей электроэнергии.

Выше была освещена исключительная роль угольной пыли, внедрение которой послужило толчком к созданию ГРЭС большой мощности и не в малой степени содействовало осуществлению плана электрификации нашей страны.

В период пятилетки эти достоинства угольной пыли сыграли решающую роль. Не ограничиваясь районом Донбасса и освоением донецких марок углей в виде пыли (антрацитовый штыб, тощие угли, газовые угли), наши теплотехники использовали свой богатый опыт и других топливных районов. Речь идет, в первую очередь, о параллельном освоении подмосковного угля. Практика использования этого топлива представляет исключительный интерес с точки зрения техники пылеприготовления и пылесжигания в конечной ее стадии. Накопленный опыт был в дальнейшем перенесен на Урал и Кузбасс, где в первой пятилетке созданы крупные энергохимические и металлургические комбинаты и где поэтому перед теплотехниками встала задача — в кратчайшие сроки исследовать свойства уральских и кузнецких углей и методы возможного использования их в виде пыли под котлами ГРЭС и ТЭЦ.

Необходимо подчеркнуть, что в Уральском районе, так же как и в Кузбассе, с самого начала была взята установка на использование, главным образом, углей из энергетических пластов обоих бассейнов; коксующиеся и длиннопламенные сорта были оставлены исключительно для нужд коксохимии и металлургии. Кроме того, в топливный баланс электростанций были включены и отходы коксохимических и обогатительных заводов, в первую очередь: коксик коксовая мелочь, промежуточные продукты обогащения, шлам и хвосты. Эти топлива, особенно отходы, характеризуются высоким содержанием баласта — золы, серы и влаги, — сильными колебаниями температуры плавления и большим диапазоном содержания летучих горючих. После ряда многочисленных лабораторных и полупромышленных испытаний в Союзе и за границей было установлено, что в связи с этими свойствами таких топлив наилучшим методом их сжигания является сжигание в виде пыли. Остальные же методы использования этих категорий топлив под котлами ГРЭС и ТЭЦ, стокера (топки с нижней подачей) и цепные механические решетки, отпали как совершенно непригодные в данном случае. В поле зрения теплотехников осталась только возможность применения наклонных переталкивающих решеток, и то только в ограниченных размерах.

Пылеугольные штыбовые ГРЭС

Эти станции следует разделить на две основные группы: первая включает ГРЭС общей мощностью к концу пятилетки 175 тыс. kW (Штеровская и Саратовская), а вторая — 332 тыс. kW (Артем, Сталинградская, Зуевская и Дзержинская ГРЭС).

Рост суммарной установленной мощности ГРЭС первой группы (564%) почти в три раза уступает общему росту мощности всех ГРЭС и ТЭЦ. Объясняется это вводом в эксплоатацию новых крупных установок пятилетки, из которых одна

(Зуевская) по мощности своей приближается к масштабам Штеровской, с той, однако, разницей, что Штеровская ГРЭС развивалась и строилась в течение десяти лет (1922—1932), а Зуевская построена в полтора года (1930—1931). Рекордным темпом следует считать сооружение Сталинградской ГРЭС (1929—1930), построенной в 16 месяцев (имевшей, однако, длительный период освоения эксплоатации).

Заканчивая на этом краткий обзор количественных и некоторых качественных показателей, которые достаточно ярко иллюстрируют темпы роста и освоения нами техники сжигания АШ и АРШ в виде пыли и строительства мощных угольных ГРЭС, мы перейдем к анализу основных качественных сдвигов, происшедших в процессе развития этих ГРЭС.

Система пылеприготовления

Характеристика центральной и индивидуальной систем пылеприготовления вполне определилась в процессе эксплоатации Штеровской ГРЭС. Учтя специфические особенности обеих систем, эта станция в дальнейшем своем развитии (вторая очередь и часть третьей) пошла по пути применения индивидуальной системы, используя в качестве помольного агрегата шаровую тихоходную мельницу (Кеннеди). Той же позиции придерживались теплотехники, проектируя на АШ—АРШ ряд других ГРЭС — Сталинградскую (Гардинг) и Дзержинскую (Бабкок), в которых фигурирует чисто индивидуальная система помола при шаровых тихоходных агрегатах.

Исключением из общего правила являются три установки: Саратовская, «Артем» и Кривой Рог и несколько котлов второй очереди Штеровской ГРЭС.

Первая из них — Саратовская, строившаяся почти в одно время со Штеровской первой очереди, ориентировалась на типичную французскую схему помола того времени (1925—1926), т. е. индивидуальную систему, оборудованную, однако, не тихоходными, а быстроходными агрегатами («Резолютор»); то же мы имеем в установке двух котлов (№ 7 и 8) Штеровской ГРЭС второй очереди.

Вторая — «Артем» — в своем развитии целиком базировалась на старой системе — центральной, оборудованной шаровыми тихоходными мельницами барабанного типа (Рема, в дальнейшем Бютнер), и, наконец, третья — Кривой Рог, — запроектированная в Германии[1], оборудована была также центральной системой помола, но с вальцевыми мельницами Леша[2] вместо шаровых тихоходных.

Уже первоначальный период эксплоатации показал, что эта конструкция мельниц для размола АШ и АРШ совершенно непригодна ввиду выскальзывания антрацитового штыба из-под вальцев, чрезмерного износа последних и перерасхода электроэнергии. Поэтому вместо гарантированной часовой производительности 10 *т/час* мельница давала всего 2 *т/час*, что заставило ГРЭС перейти на отопление смесью тощих углей (60%) с 40% АШ, а иногда и на полное питание тощими углями, при котором только и достигается гарантированная производительность мельницы.

Вместе с тем практика эксплоатации установок Саратовской и Штеровской ГРЭС показала, что быстроходная мельница типа «Резолютор», справляясь в общем с размолом АШ, все же не может быть рекомендована для штыбовых ГРЭС ввиду небольшой производительности, недостаточной надежности и сильного износа мелющих частей.

Между тем барабанные шаровые тихоходные мельницы значительно лучше удовлетворяют эксплоатационным требованиям, так как они надежнее и безопаснее в работе, проще в обслуживании, требуют малого ремонта и в большей степени обеспечивают номинальную производительность агрегата при определенных параметрах качества угольной пыли.

---

[1] Фирмой АЭГ.

[2] Фирмы Курт фон-Грюбер.

Наряду с этим тот же опыт эксплоатации пылеугольных ГРЭС показал, что индивидуальная система помола, выгодно отличаясь от центральной системы простотой устройства и обслуживания, дешевизной, надежностью работы и, наконец, меньшим расходом электрической энергии на помол, все же не лишена ряда крупных недостатков. К ним следует отнести:

1) работу с неполной нагрузкой, что особенно чувствительно при шаровых тихоходных мельницах, где расход электроэнергии на холостой ход весьма велик;

2) прохождение всей массы аэропыли через эксгаустер, непосредственным следствием чего является износ его ротора и корпуса;

3) трудность регулировки режима помольного агрегата при колебаниях нагрузки котельного агрегата.

Поэтому вполне естественно было стремление эксплоатационников создать более гибкую и экономичную систему помола, которая обеспечила бы ту же степень надежности, но вместе с тем лишена была бы недостатков индивидуальной системы. Такой оказалась смешанная система или так называемая индивидуальная с промежуточным пылевым бункером (полуцентральная).

Последний заимствован собственно из старой центральной системы, причем его введение связано, конечно, с появлением и ряда других звеньев в виде: специального циклона, воздушного вентилятора и, наконец, пылевых питателей, откуда угольная пыль по пылепроводам распределяется по горелкам котла.

Из числа штыбовых ГРЭС Донбасса на этой системе остановилась Штеровская — при установке последних четырех котлов третьей очереди, оборудованных мельницами «Гумбольдт». В основном же эта система получила применение главным образом на пылеугольных ГРЭС Урала (Магнитогорская, Кизеловская третьей очереди, Егоршинская второй очереди) и Сибири (Кузнецкая и Кемеровская ТЭЦ).

Пути развития и основные принципы построения пылеугольной топочной камеры для АШ

Ни в одной из областей топочной техники не наблюдается столь четкой и поучительной по существу эволюции, как это имеет место в практике пылевидного сжигания АШ и АРШ, воспринявшей во многих деталях опыт зарубежной теплотехники.

В узких рамках данного очерка не представляется возможным подробно охарактеризовать каждый из этих знаменательных этапов, тем не менее следует остановиться на самых основных ведущих моментах, которые получили отражение в реальных и выполненных конструкциях, испытанных в процессе длительной эксплоатации наших ГРЭС. Как указывалось уже выше, первой, конструкцией топочной камеры была неэкранированная топка с муфельным зажигательным предтопком типа Комбюстион Рационелль, пользовавшаяся в 1926—1928 гг. большим распространением, установленная на Штеровской ГРЭС первой очереди.

Опыт длительной эксплоатации Штеровской и Саратовской ГРЭС (1928—1933) (рис. 5) показал, что конфигурация топки по проекту Комбюстион Рационелль [1] с воздушным охлаждением кладки в комбинации с длиннопламенными горелками подвергает быстрому зашлакованию первые ряды кипятильных труб котла, снижая тем самым номинальную производительность агрегата на 15—20% и вызывая длительный простой и дорогой ремонт.

Попытки экранирования путем устройства простой системы гранулятороов ввиду специфичности конструкции камеры и отчасти недостаточной опытности персонала не привели в свое время к нужным результатам.

---

[1] В установках пылевых электростанций Западной Европы.

Хотя в дальнейшем работы в этом направлении велись, но конкретно не были реализованы ввиду крайней сложности приключения новых экранных поверхностей нагрева к общей системе циркуляции котла без коренной реконструкции самой камеры. Впоследствии, однако, благодаря частичному экранированию камеры, применению горелок с укороченным факелом пламени, повышению подогрева воздуха, а также лучшему перемешиванию аэропыли, характеристика работы агрегата улучшилась. Для неэкранированной топки $\frac{Q}{V} = 75—100$ *ккал/м³ час* при КПД котельной установки $\eta_{к.у} = 75\%$ брутто, а в среднем эксплоатационном 70—72% при съеме пара 35—40 *кг/м³ час*. [Те же примерно показатели были присущи вначале топкам Саратовской ГРЭС (1928).] При частичном их экранировании $\frac{Q}{V} = 115$ *ккал/м³ час* и $\frac{D}{H_к} = 40—50$ *кг/м³ час*.

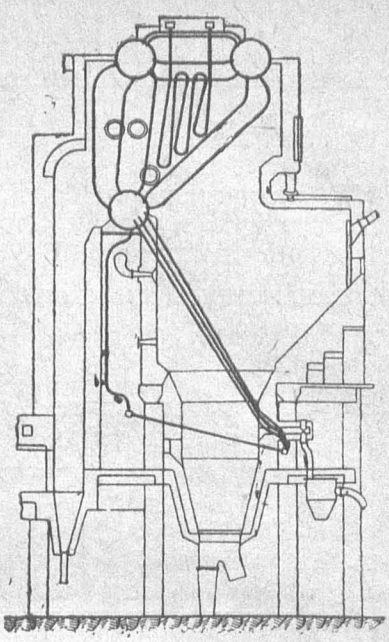


Рис. 5. Пылевидная топка Саратовской ГРЭС

Опыт этих установок, как показала наша практика, не был учтен во-время нашими теплотехниками. Подражая Штеровской и Саратовской ГРЭС, они без достаточной проверки применили те же принципы в проекте Харьковской (1928) и Киевской ГРЭС (1930), оборудовав их аналогичными пылесожигательными устройствами с весьма незначительными усовершенствованиями в части охлаждения их кладки и улучшения конструкции горелок. Этими установками ограничивается по существу круг тех котельных, которые, ориентируясь преимущественно на тип и конструкции французских помольных и пылесожигательных устройств (мельницы «Резолютор», горелки Фур-Стейн, топки Комбюстион Рационелль), обладали относительно низкими качественными показателями $\left(\frac{D}{H_к} = 45$ *кг/м² час* максимум при $\eta_{к.у} = 77—78\%\right)$.

Резкий перелом в области пылеприготовления и сжигания, наметившийся в начале 1928/29 г. и получивший полное развитие в 1929 г., ознаменовался полным практическим пересмотром прежних взглядов теплотехников на сущность процесса пылевидного сжигания штыба и пригодность старой конструкции топочной камеры. На смену последним пришла новая экранированная топка, оборудованная щелевыми вертикальными длиннопламенными горелками с U-образным факелом пламени. Эти конструкции получили первоначальное распространение на двух установках: ГРЭС «Артем» (1929) и ГРЭС Кривой Рог (1929), оборудованных топками типа АЭГ. В первом этапе их внедрения мы ограничились вводом одного лишь гранулятора (4—5% $H_к$) как обязательного элемента оборудования топки; впоследствии, однако, по мере ее освоения, были введены вначале задний, а затем боковые экраны с общей поверхностью нагрева до 8—10% от поверхности нагрева котла. Присущие этим топкам эксплоатационные показатели $\frac{Q}{V} = 135—160$ *ккал/м³ час* при $\eta_{к.у} = 75—77\%$ брутто и подогреве воздуха до 275—310° С достаточно выгодно отличают колодезный тип топочной камеры от предшествующих конструкций, даже при наличии слабо развитой охлаждающей поверхности топки (3,6% $H_к$ — ГРЭС «Артем»).

Последовательное экранирование камеры следует рассматривать как явно прогрессивный фактор, стимулировавший, наряду с улучшением организации процесса горения и борьбы со шлакованием топки, повышение съема пара с единицы поверхности нагрева котла. Об этом довольно ярко говорят данные о зави-

симости съема пара от степени экранирования, приведенные в табл. 4, причем к наиболее характерным образцам осуществления этого принципа следует отнести Сталинградскую, Саратовскую II, «Артем» III и, наконец, Зуевскую ГРЭС, обладающую лучшими характеристиками съема пара благодаря высокому подогреву воздуха (до 350° С), максимальному экранированию топки ($23\%\, H_к$), оптимальному напряжению объема топочной камеры $\left(\frac{Q}{V} = 165-200\, ккал/м^3\, час\right)$.

Таблица 4

Зависимость съема пара от степени экранирования топочной камеры в период 1928—1933 гг.

Наименование показателей	Наименование пылеугольных ГРЭС на АШ и АРШ									
	Штеровская	Саратовская I	«Артем» I	«Артем» II	Саратовская II	Сталинградская	Дзержинская I	Дзержинская II	«Артем» III	Зуевская I
Процент экранирования Нэкр.: Нкот.	0	2,5	3,7	6,4	10,0	11,0	12,1	13,4	19,7	22,6
Съем пара с пов. нагр. котла в *кг/м² час* . .	50	55	58	58	60	63	65	73	90	100
Период выполнения . .	до пятилетки		во время пятилетки							

При общности этой основной тенденции в области последовательного экранирования топки заслуживает внимания различие методов сжигания, выразившихся в том, что теплотехники почти одновременно ориентировались на три совершенно различных системы и конструкции горелок для сжигания пыли АШ, а именно:

1) вертикально щелевые с U-образным факелом (типа Лопулько);
2) горизонтально-турбулентные (типа Розенкранц, Фур-Стейн);
3) горизонтально-телескопические вихревые (Бабкок).

Следует отметить, что горелки типа Бабкок обычно располагаются в два ряда по фронту топки под углом друг к другу, образуя таким образом специфический для топок Бабкок и Вилькокс предтопок и профиль всей камеры, тогда как во всех остальных случаях независимо от системы горелок камера имеет общий профиль колодезной топки.

Опыт длительной эксплоатации топок Б и В[1] («Артем» II, Дзержинская I, Краматорская I и т. д.). показал, с одной стороны, хорошие качества самых горелок, отличающихся крайней гибкостью в смысле регулировки: 1) скоростей центрального и завихривающего вторичного воздуха, 2) степени перемешивания пыли в факеле верхних и нижних горелок, 3) длины факела. Вместе с тем, однако, специфическое сочетание их с топкой обнаружило ряд серьезных дефектов, которые весьма неблагоприятно сказались на работе всей камеры в целом. Не вызывает никакого сомнения, что фирма-изготовитель не учла особенностей антрацитового штыба и допустила следующие принципиальные ошибки:

1) неудачную конструкцию предтопка;
2) несовершенство подвода вторичного воздуха, вследствие отсутствия разделения по зонам;
3) неудачное расположение нижних горелок (вблизи гранулятора в области сильных разрежений) и, как следствие этого, неустойчивость всего процесса горения в целом, сильное шлакование труб, котла и износ кладки топочной камеры.

[1]) Бабкок и Вилькокс.

Все эти обстоятельства в конечном счете достаточно убедительно свидетельствуют о непригодности топок и горелок Б и В для сжигания АШ.

Наряду с этим опыт работы сжигания АШ посредством вертикальных щелевых горелок с U-образным факелом показал устойчивость работы топки при любых нагрузках и удовлетворительность системы подвода вторичного воздуха со стороны передней и задней стенок топки даже в условиях слабого экранирования («Артем» I).

Крупные недостатки топки, связанные с наличием скрина-гранулятора, не справляющегося с гранулированием шлаков и подвергающегося сильному износу, а также наличием четырех раздельных воронок—очага собственного шлакования, а затем и экрана, легко устранимы путем реконструкции, не требующей больших затрат.

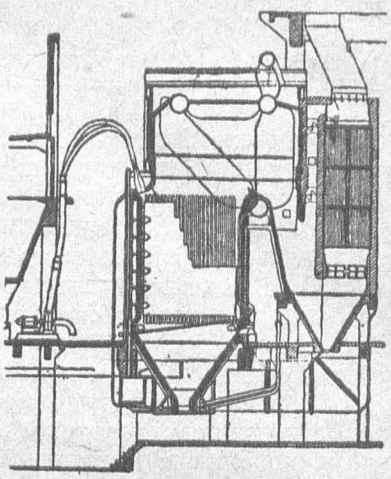


Рис. 6. Пылевидная топка Зуевской ГРЭС

Примером новой установки, избежавшей этих недостатков может служить котельная Зуевской ГРЭС (рис. 6), оборудованная топками с двумя шлаковыми экранированными воронками.

Обращаясь к вопросу целесообразности применения горелок с U-образным факелом для сжигания пыли АШ, следует отметить, что мнения теплотехников по этому вопросу сильно расходятся. С несомненной очевидностью можно установить, что U-образные горелки требуют обязательно применения подвесных сводов, которые отсутствуют в случае применения горизонтальных турбулентных горелок (Сталинградская ГРЭС). Было бы, однако, опрометчиво сделать на этом основании вывод о нецелесообразности первых, тем более, что применение круглых турбулентных горелок, как известно, в сильной степени затрудняет, а иногда лишает возможности экранировать переднюю стенку топки. Кроме того, турбулентные горелки не позволяют производить позонный подвод воздуха для правильной организации процесса горения в топке («Артем» II).

Выход из положения следует искать, повидимому, в применении щелевых фронтальных горелок, позволяющих установить полностью экранированную топку без сводов с частичной защитой их шамотом.

В виде примера такого выполнения топки следует указать конструкцию, предложенную в 1929—1930 гг. Энергостроем в техническом проекте Зуевской ГРЭС, где фигурировали горелки типа Калюмет.

Надо полагать, что именно в этом направлении должна работать наша конструкторская мысль в дальнейшем, разумно используя лучшие образцы американской топочной техники.

Выводы

1. Практика проектирования и длительной эксплоатации наших пылеугольных штыбовых ГРЭС показала, что проблема сжигания АШ в виде пыли советскими теплотехниками в основном разрешена.

2. Наиболее рациональным типом топочного устройства на данном этапе развития пылесожигательной техники следует признать полностью экранированную топочную камеру, что при умелом обращении с ней персонала вполне разрешает проблему борьбы со шлакованием.

3. Наиболее приемлемый профиль камеры — колодезный без подвесных верхних сводов без скрина-гранулятора, который заменяется шлаковой экранированной воронкой.

4. Практика эксплоатации в одинаковой степени отмечает достоинства вертикально-щелевых горелок с U-образным факелом («Артем» I) и горизонтально-

турбулентных (Сталинградская ГРЭС), однако, для реализации полного экранирования камеры, лишенной подвесных сводов (включая переднюю стенку), и те и другие как вызывающие ряд органических дефектов топки не могут быть рекомендованы как стандартные и должны быть заменены более подходящими фронтальными щелевыми горелками.

5. Необходимым условием, обуславливающим успешное проведение этих мероприятий, следует считать достижение оптимальной тонины помола (8—10% остатка на сите 4900) при теплонапряжениях топочной камеры порядка от 170 до 200 *ккал/м³ час* и температурах подогрева воздуха до 375—400° С.

6. Все вышеуказанные положения вместе с тем доказывают, что при наличии правильно спроектированной камеры и ведения эксплоатации методы сухого гранулирования в достаточной мере эффективны, и поэтому для сжигания АШ в виде пыли жидкое шлакоудаление никакими технико-экономическими предпосылками не может быть оправдано.

Сжигание уральских топлив

Уральский район располагает значительными запасами каменных углей (Кизел), бурых углей (Челябинск, Богословское, Еманжелинское) и антрацитов (Егоршино, Полтаво-Бреденское).

В настоящее время мы располагаем материалами, позволяющими судить о качественных сдвигах, которые произошли на протяжении последних лет в вопросах сжигания этих топлив.

Первые опыты сжигания уральских топлив в масштабе районных ГЭС, проведенные на Кизеловской ГРЭС, и длительный период ее эксплоатации (1922—1933) показали, что в условиях интенсивной спекаемости и большой зольности сжигание кизеловских углей на цепных механических решетках дает явно неудовлетворительные результаты, что характеризуется весьма низким часовым съемом пара 21—26 *кг/м²* поверхности нагрева секциональных котлов с теплонапряжением зеркала горения 600—650 *ккал/м² час*.

Более благоприятные сравнительные результаты получены при сжигании этих углей на беспровальных цепных решетках типа Нибо Нисен с пятизонным дутьем под котлами Ошац $H_к = 600$ *м²* или $H_к = 12\%\, H_к$. Тем не менее съем пара $D/H = 40$ *кг/м² час* оказался на 25% ниже гарантированного фирмой (50 *кг/м² час* при $\eta = 73\%$ вместо 80% по гарантиям при максимальном часовом теплонапряжении зеркала горения не больше 800 *ккал/м²* при испытании).

Фактически же в процессе эксплоатации эти показатели значительно ниже, а именно съем пара не больше 30 *кг/м² час*, а $\frac{Q}{R} = 600$ *ккал/м² час*.

Наличие этих результатов дает основание констатировать полную непригодность цепных механических решеток для сжигания рядового кизеловского угля в условиях его спекаемости, независимо от системы топки и конструкции решетки.

Точно так же следует считать, что и переталкивающие решетки (типа Каблиц и др.) непригодны для этих целей. Это подтверждается печальным опытом ряда уральских электростанций, ТЭЦ Березниковского содового завода и др., где съем пара в лучшем случае не превышает 25 *кг/м² час*, что ставит каскадные решетки в отношении их работы ниже цепных механических решеток с секциональным дутьем.

В условиях полной непригодности цепных и переталкивающих решеток в поле зрения теплотехников остались только два способа сжигания, а именно сжигание: 1) на топках с нижней подачей, 2) в виде пыли.

Опыт проектирования Березниковской ТЭЦ и практика ее эксплоатации показали, что сделанный нами выбор камерного способа сжигания безусловно правилен по следующим принципам: 1) стокера при всей кажущейся простоте обслуживания требуют весьма внимательного ухода, особенно в условиях сильных колебаний процента баласта: серы, влаги и особенно золы, причем послед-

ний фактор, главным образом, ограничивает пределы применения стокера в котельных районных ГРЭС; 2) стокера по первоначальным их затратам значительно дороже, что подтверждается сравнительными подсчетами стоимостей котельных; 3) стокера ограничивают рост мощности котельных агрегатов, достигнув максимального показателя 14 *т/м* ширины котла по фронту, тогда как стандартные котлы, оборудованные пылеугольными топками, рассчитаны с напряжением до 20—22 *т/м* ширины фронта; 4) наконец, в конкретных условиях нашей топливной политики электростанции Урала намечены в ближайшее время к полному почти переводу на питание отходами процессов обогащения и коксохимических заводов с сильными колебаниями температур плавления и размягчения золы. В данном случае стокера окажутся явно непригодными в эксплоатации; ввиду этого советская энергетика в своей технической политике ориентируется на самый надежный и оправдавший себя способ сжигания энергетических топлив Урала, — камерный пылевидный.

Это в еще большей степени относится к уральским, егоршинским и полтавобреденским антрацитам, долголетний опыт размола и сжигания которых подтверждает правильность выбранного нами решения задачи.

Тип и профиль топочной камеры, предназначенной для сжигания этих топлив, представляются в следующем виде: топка колодезного типа с полным экранированием ее стенок, открытым гладкотрубным экраном, и шлаковой гранулирующей воронкой без верхних подвесных сводов должна быть оборудована фронтальными щелевыми горелками и удачно сочетаться с горизонтальным одноходовым секциональным котлом, имеющим в передней части сильно разреженную фестонную поверхность кипятильных труб.

Примером выполнения установки может служить Березниковская ТЭЦ, оборудованная пятью котлами максимальной производительностью до 150 *т/час* Бабкок и Ганомаг и топочным устройством с основной характеристикой при $\frac{Q}{V} = 220 - 225$ —*ккал/м³ час*. Полное экранирование камеры относится не только к рядовому кизеловскому углю и отходам, но и к уральским антрацитам, на основании опыта донецких ГРЭС, отапливаемых АШ со значительно меньшим выходом летучих горючих, нежели при сжигании уральских антрацитов (4% против 9% егоршинских).

Бурые челябинские угли осваиваются нами путем сжигания их в слое. Трехлетний опыт эксплоатации Челябинской ГРЭС, оборудованной 14 котлами по 1222 *м²* каждый, в этом отношении весьма поучителен. Он показывает, что при правильной эксплоатации топочная камера, оборудованная цепной беспровальной решеткой, с умеренной длиной зажигательного свода и полным экранированием боковых и задней ее стенок, может работать вполне удовлетворительно при условии удачного ее сочетания с разреженным передним пучком труб котла.

Последнее обстоятельство особенно важно в связи с низкой температурой плавления золы 1140—1170° С. Ввиду этого усиленное экранирование топки и фестонирование передних пучков труб следует рассматривать как метод максимального снижения температур газов и наиболее эффективной борьбы со шлакованием труб, которое до сих пор лимитирует производительность агрегата (D=62,5 *т* максимально по гарантиям, что соответствует $\frac{D}{H_к} = 50$ *кг/м² час*).

Экономичность работы топки по данным испытаний [2] определяется механическими потерями от недожога в провале через решетку, не превышающими гарантийных норм 0,40%, а с провалом и шлаком в среднем 3,2% при температуре горячего воздуха 140° С, давлении воздуха в коробке 70 *мм* вод.ст. и разрежении в топке 5 *мм* вод. ст.

---

[1] Поверхность нагрева экрана 36 *м²* (плитки Бейли).

[2] ОрГРЭС, август 1933 г.

Потери же от химической неполноты горения, колеблющиеся в пределах от 2,2 до 4,5%, объясняются неравномерностью распределения воздуха в самой топке и отсутствием дополнительного вторичного воздуха.

Кроме того, обращает на себя внимание крайне неравномерное и резкое чередование фаз развития слоевого процесса сжигания, что объясняется недостаточной гибкостью регулировки подачи воздуха, ввиду чего горение в передней части топки происходит с явным недостатком воздуха, а выжиг шлаков с большим его избытком. Опыт эксплоатации показывает, что при устранении этих недостатков сжигание челябинских углей под котлами средней мощности до 50—60 *т/час* может вестись в слое при оптимальных теплонапряжениях зеркала горения в пределах от 900 до 1100 *ккал/м² час*. Это соответствует теплонапряжению объема топочной камеры 240—250 *кал/м³ час* и КПД установки 80—82% брутто.

Вместе с тем проблема использования челябинских углей под мощными котлами может решаться только камерным способом в виде пыли в полностью экранированной топке с предварительной его глубокой подсушкой во взвешенном состоянии в системе самой мельницы. Причем не исключена возможность, ввиду легкоплавкой его золы при низких температурах, применения жидкого шлакоудаления.

Выводы

1. Все виды уральских энергетических топлив, в том числе и отходов процессов обогащения и коксохимических производств, могут быть использованы под котлами большой производительности от 60 *т/час* и выше только в виде пыли.

2. Сжигание бурых неспекающихся углей (челябинские и др.) под котлами средней мощности до 60 *т/час* можно надежно и рентабельно производить в слое, применяя беспровальные цепные решетки и рациональное распределение воздуха.

Сжигание кузнецкого угля

Располагаемый нами материал по сжиганию энергетических углей Кузнецкого бассейна, главным образом, араличевских углей, не дает возможности охарактеризовать во всей полноте применяемый факельный способ сжигания этих топлив, особенно учитывая неполную эксплоатационную нагрузку котельных агрегатов Кузнецкой и Магнитогорской ГРЭС. Тем не менее уже некоторые данные испытаний говорят о том, что принцип, положенный в основу проектирования топочной камеры этих станций, в основном себя оправдал.

Топки этих котлов (Кузнецкая ГРЭС, Мэллер $H_к = 1925$ *м²* с экраном $H_{эк} = 340$ *м²* и Магнитогорской ГРЭС Ганомаг $H_к = 1750$ *м²* с экраном $H_{эк} = 330$ *м²*) имеют профиль колодезных топок типа КСГ с нижним скрином-гранулятором и вихревыми тангенциальными горелками: 12 пылевыми и 8 газовыми.

Из наиболее отрицательных моментов в работе топок следует отметить неудачное расположение нижнего ряда горелок вблизи гранулятора, что в сильной степени отражается на температуре в топке и на состоянии самого гранулятора, вызывая его перенапряжение и преждевременный износ. Кроме того, на качественных показателях сжигания не может не отразиться грубый помол до 16—17% остатка на сите 4900 вместо гарантированных 10%, что, в свою очередь, отражается на величине провала 4—5%, химической неполноты горения 4%, потерь с отходящими газами 8—8,5%[1] и, главным образом, процента уноса, составляющего около 16—17. Ввиду этого общий эксплоатационный КПД при работе на нижних горелках и нагрузке 57% составляет 64%, а при работе с верхними и средними горелками и нагрузке 52%—равен 75%.

Естественно, что в ближайшие задачи эксплоатационного персонала входит: 1) переоборудование системы скрина, гранулирования шлаков путем замены скрина шлаковой гранулированной воронкой, чем и будет гарантироваться

[1] Благодаря увеличению коэфициента избытка воздуха в топке при грубом помоле.

благоприятная работа нижнего ряда угловых горелок наравне со средними и нижними; 2) увеличение тонкости помола до величины, гарантированной фирмой[1], т. е. до 10%, что обеспечит уменьшение коэфициента избытка воздуха и улучшение КПД топки и котла за счет уменьшения провала и уноса и потерь с уходящими газами.

Выводы

1. Обзор качественных сдвигов показывает, что советская теплотехника в результате энергостроительства пятилетки обогащалась самыми современными топливными устройствами, стоящими на уровне достижений западноевропейской и американской техники производства пара.

2. Вместе с тем анализ методов сжигания основных энергетических (низкосортных) топлив Союза подтверждает правильность основного метода их сжигания в камерных топках в виде пыли.

3. Основным типом факельной камерной топки второй пятилетки следует считать сильно экранированную колодезную топку, работающую в условиях высоких температур воздуха, оптимальной подсушки влажных топлив и сухого гранулирования шлаков, исключая некоторые сорта топлив (сланцы и бурые угли), где не исключена возможность применения жидкого шлакоудаления.

Теплофикация и строительство теплоэлектроцентралей

Некоторые попытки теплофикации фабрично-заводских оселков и строительства фабрично-заводских ТЭЦ небольшой мощности имели место и в дореволюционное время. Однако масштабы этих работ и последующих академических изысканий и проектов (которым к тому же не суждено было в то время полностью осуществиться) несравнимы даже с первыми эскизными набросками после октябрьского периода (1924—1925).

В условиях капиталистической России не могли получить осуществления самые скромные проекты теплотехников-новаторов, не помышлявших еще тогда о теплофикации в нынешнем широком понимании этого слова. Между тем Западная Европа (особенно Германия) и Америка располагали в то время относительно большими теплофикационными установками. Германские установки (Дрезден, Гамбург, Киль) служили тогда образцом осуществления районной теплофикации с отдачей тепла на сторону городским, коммунальным потребителям, жилым домам и общественным зданиям, теплофикационные же установки Америки представляли собой крупные отопительные городские котельные (Чикаго, Нью-Йорк), снабжавшие паром и горячей водой своих многочисленных абонентов.

В условиях построения новой высокоразвитой энергетики на основах планового социалистического хозяйства пример американской теплофикации, уживавшейся в крупных городах по соседству с грандиозными чисто конденсационными электроцентралями, был для нас абсолютно не приемлем. В большей степени могли мы использовать практику германских теплофикаторов, связывающих теплофикацию с выработкой дешевой электрической энергии, отдаваемой в общую городскую сеть.

Ленинград — пионер теплофикации и районных ТЭЦ (1924)

Речь идет о первоначальных работах и смелых творческих начинаниях, родиной которых является Ленинград, а их пионером и энтузиастом — инж. Л. Л. Гинтер. История этого вопроса восходит к 1924 г., когда под влиянием настроений, господствовавших в среде энергетиков, увлекавшихся построением чисто конденсационных электроцентралей, была намечена к консервации 3-я ГЭС,

[1] Курт фон-Грюбер

расположенная в центре Ленинграда, на Фонтанке, и работавшая на привозном топливе. Л. Л. Гинтеру принадлежит инициатива сохранения 3-й ГЭС путем превращения ее в первую в Союзе теплоэлектроцентраль общего пользования районного значения, с отдачей тепла на сторону.

Параллельно с ростом числа потребителей росла и теплофикационная сеть, совершенствовалась техника получения горячей воды в бойлерах ТЭЦ и транспорта ее по трубам.

В результате восьмилетней работы Ленинград к 1933 г. располагал уже колоссальной сетью теплофикационных магистралей, протяжением свыше 40 *км* — самой длинной в Европе, отдающей своим абонентам свыше 100 тыс. мегакалорий тепла в год.

Проблема теплофикации Москвы (1926)

Удачный опыт Ленинграда был весьма быстро воспринят передовыми теплоэнергетиками Москвы. В 1926 г. был составлен первый эскизный проект, намечавший широкий охват потребителей горячей воды от 1-й МГЭС, — Китай-город и район бульварного кольца.

Намеченная же реализация плана теплофикации центрального района от 1-й МГЭС сильно затянулась и началась значительно позже (1930/31). Фактически эксплоатация теплосети развернулась в отопительном сезоне 1931/32 г. не от теплофикационной турбины, а от котельной, острый пар из которой был использован для подогрева отопительной воды в бойлерах.

Теплофикационная турбина мощностью 12 тыс. kW с противодавлением и бойлерами была установлена на 1-й МГЭС в 1933 г. и вступила в эксплоатацию накануне зимнего отопительного сезона 1933/34 г., обслуживая потребителей в центре города.

Центральный район Москвы к концу 1932 г. располагал тепловыми магистралями общей длиной около 7,8 *км* при расходе тепла 7 мегакалорий в час, а вся Москва — около 14 *км* с присоединенной мощностью 152 мегакалорий в час

Первая опытно-показательная ТЭЦ высокого давления (1928—1929)

Развернутое строительство крупных фабрично-заводских и районных ТЭЦ совпало с периодом заметного проникновения в западноевропейскую теплотехнику повышенного и высокого давления. Теоретические подсчеты показали, что повышение начальных тепловых параметров пара и перспективы применения его в СССР на ТЭЦ фабрично-заводского и районного значения имели под собой весьма реальную почву. Это обстоятельство побудило известную часть энергетиков (1928) выдвинуть идею постройки в Москве опытно-показательной теплоэлектроцентрали высокого давления 60 — 63 *ата* с тем, чтобы на ее опыте можно было решить вопрос о степени рентабельности этих параметров в наших условиях и освоить технику эксплоатации установок высокого давления.

Выбор пал на ТЭЦ завода Клейтук в Пролетарском районе, которая запроектирована была раньше ВТИ, а затем Энергостроем на давлении пара 61—62 *ат* при температуре перегрева пара 450° С и построена в 1929/30 г. ТЭЦ мощностью 3860 kW работает по тепловому графику, отдавая избыток отбросной электроэнергии в сеть МОГЭС, а пар давлением 5 *ат*—заводу Клейтук и районным потребителям.

Ее оборудование: в части котельной — 4 котла полуморского типа Бабкок и Вилькокс, поверхностью нагрева 330 $м^2$, с водяным экономайзером «Кунтрфло» и топочным устройством в виде стокера-решетки с нижней подачей.

В настоящее время, после 3 лет ее эксплоатации, можно уверенно сказать, что основные узловые вопросы обслуживания установки 60 *ат*: питание, работа котлов, водяных экономайзеров и особенно питательных насосов 70 *ат*, которые в первоначальный период работы были причиной частых остановов и аварий, постепенно осваиваются персоналом ТЭЦ.

1-я ТЭЦ МОГЭС является не только фабрично-заводской, но и районной ТЭЦ, так как снабжает теплом близлежащий поселок и четыре завода района. ТЭЦ работает преимущественно на подмосковном угле марки МС и тощих углях Донецкого бассейна.

Березниковская ТЭЦ высокого давления (63 *ата*)

Особенно выпукло обнаруживались преимущества высокого давления в проектах ТЭЦ комбинатов основной химии, строившихся в различных местах Союза и отличавшихся от других предприятий исключительно большим потреблением пара для нужд различных звеньев производства (до 140—150 *т/час*).

Наиболее крупным из этих предприятий в период первой пятилетки был Березниковский химкомбинат. Он должен был потреблять по первоначальному проекту при полном своем развитии до 235 *т* пара в час четырех различных параметров давления и температур. Естественно, что при подобных условиях, редких не только в Союзе, но и в практике Западной Европы и Америки[1], обладающих крупными химическими комбинатами, проблема применения пара высоких тепловых параметров стала в высшей степени актуальной.

В реальном проекте, который ориентировался на новые, сильно измененные задания технологов, потребителей пара, теплотехники выдвинули вариант новой ТЭЦ 60 *ат*, осуществленный при постройке комбината.

В окончательном виде потребление пара для нужд производства и отопления характеризуется следующими данными:

Пар давлением	2,5 *ата*	100 *т/час*	800 000 *т/год*
« »	7,5 »	100 »	760 000 »
« »	16,5 »	140 »	1 200 000 »
		340 *т/час*	2 760 000 *т/год*

Принципиальная тепловая схема предусматривала:

1) установку двухвальных турбогенераторов в машинном зале и хаузтурбины;

2) вторичный газовый перегрев пара низкого давления из форштальт-турбин в центральных перегревателях котельной вместо индивидуальных, обычно применяющихся в американской практике;

3) установку дампфумформеров большой производительности до 200 *т/час* для снабжения вторичным паром отдельных потребителей.

Для общей характеристики ТЭЦ приведены некоторые основные данные, касающиеся ее оборудования.

Общая установленная мощность 83 200 kW, а с учетом трех турбогенераторов постоянного тока мощностью 3 300 kW каждый — 93 100 kW. В машинном зале ТЭЦ установлено три двухвальных турбогенератора мощностью 25 600 kW каждый и хаузтурбина мощностью 6 400 kW при следующих тепловых параметрах пара: начальное давление у форшальт-турбин (предвключенных) — 56 *ата* при температуре перегрева 435° С и 16 *ата* и 360° С у турбин низкого давления.

Оборудование котельной состоит из пяти котельных агрегатов высокой мощности горизонтально водотрубных, производительностью 120—150 *т/час* и трех центральных пароперегревателей производительностью 150 *т/час* каждый. Параметры пара на котле — 61 *ата* и 450° С перегрева, на вторичных пароперегревателях — 17 *ата* и 375° С.

[1] ТЭЦ Дипуотер, И. Г. Фарбен, Лейна и др.

Топливо — кизеловский уголь, сжигаемый в виде пыли, полученный в индивидуальных помольных установках, оборудованных шаровыми тихоходными мельницами, производительностью 15 *т/час*, по две на каждый котел.

Пущенная в ноябре 1931 г. Березниковская ТЭЦ к настоящему времени, после 2 лет эксплоатации и изживания «детских» болезней пускового и начального периода работы, постепенно осваивает сложную технику пылеприготовления, пылесжигания и выработки электрической энергии на базе теплофикации и пара высокого давления.

ТЭЦ ВТИ сверхвысокого давления (130 *ата*)

Вступившая в эксплоатацию ТЭЦ Всесоюзного теплотехнического института принадлежит к числу тех экспериментальных установок промышленного масштаба, которые имеют не только всесоюзное, но и мировое значение. ТЭЦ представляет собой промышленную централь для снабжения крупнейших предприятий теплом в виде пара и горячей воды и одновременно экспериментальную базу Всесоюзного теплотехнического института для изучения свойств и техники пара сверхвысокого давления и перегрева.

Приводим краткую характеристику ее теплового оборудования: в котельной установлены два специальных котла Леффлера, начальным давлением пара 130 *ата* при температуре перегрева пара 500° С и часовой производительности по 130 *т/час* каждый; кроме того, установлен прямоточный котел советской конструкции с теми же начальными тепловыми параметрами, выполненный советскими заводами, производительностью до 200 *т/час*. Машинный зал оборудован одной форшальт-турбиной с начальным давлением 125 *ата*, мощностью 24 тыс. kW, одной турбиной чисто конденсационного типа мощностью 24 тыс. kW низкого давления (25 *ата* 375° С) и, наконец, турбогенератором низкого давления с ухудшенным вакуумом мощностью 12 тыс. kW и теми же начальными тепловыми параметрами.

Выбор этого оборудования, произведенный в результате тщательных технико-экономических расчетов, в основном базировался:

1) на реальных параметрах пара у потребителей заводов им. Сталина (б. АМО), Динамо, Паростроя, Дворца культуры и большого поселка, оборудованного прачечной, бассейнами для плавания и т. д.], а именно: давление пара 15 *ата*, температура воды 120° С. Полная потребность в тепле, выраженная в нормальном паре, составляет 220 *т/час*, а при конечном развитии потребителей — заводов и поселка Ленинской слободы — до 400 *т/час*.

В условиях реального потребления больших количеств пара низкого давления и постоянной технологической нагрузки предприятий не вызывали никаких сомнений выбор 130 *ата* начального давления пара на котлах и его технико-экономические преимущества перед вариантами промежуточных давлений 45, 60 и 80 *ата*;

2) на опыте Витковицкого завода со специальными котлами типа Леффлера производительностью до 65—70 *т/час* и опыте ряда европейских и американских тепловых электростанций, освоивших котлы и форшальт-турбины высокого давления и вспомогательное оборудование;

3) на необходимости иметь в своем распоряжении крупнейшую экспериментальную лабораторию по изучению свойств и техники пара сверхвысокого давления.

Каждое звено оборудования этой ТЭЦ представляет собой значительный интерес как элемент новейшей современной тепловой аппаратуры электроцентрали, начиная с котлов специальных систем и конструкций и кончая конденсатором турбины с ухудшенным вакуумом, заменяющим большую и сложную систему бойлерной установки.

Котлы Леффлера, испытанные уже в ряде более мелких установок, отличаются от котлов нормального типа принципиальной схемой генерации пара. Последняя вынесена из огневого пространства и сосредоточена в так называемых испарительных барабанах, расположенных вне котла, сообщающихся со специальными пароциркуляционными насосами, перекачивающими пар в пароперегреватель.

Остальные поверхности нагрева, омываемые газами, состоят из первичного и вторичного пароперегревателей, водяного экономайзера и воздухоподогревателя. Специфические особенности этого котла позволяют вести эксплоатацию при недостаточно чистой питательной воде.

Котел прямоточной системы, устанавливаемый на ТЭЦ, имеет другие особенности, отличающие его от соседних агрегатов и котлов нормальных конструкций, а именно: 1) отсутствие барабанов и естественной циркуляции и замена их безбарабанным змеевиком—парогенератором с принудительной прямоточной циркуляцией; 2) сплошное экранирование топочной камеры радиационными ширмовыми поверхностями котла и пароперегревателя.

Сочетание этих двух принципов позволило создать тип нового котла парогенератора высокой мощности, отличающегося высоким удельным съемом пара с единицы суммарной теплообразующей поверхности нагрева (150 *кг/м²* *час*) и, что особенно важно, весьма низким удельным расходом металла на 1 *т* вырабатываемого пара (до 600 *кг* на 1 *т*, вместо обычных 2,0—1,5 *т*).

Заканчивая на этом обзор ТЭЦ, необходимо отметить, что ее эксплоатационному персоналу придется не только преодолеть период «детских болезней», присущий всем вновь вступающим в работу ТЭЦ, но и пройти длительный период глубокого научно-исследовательского изучения свойств и техники пара сверхвысокого давления. Учитывая при этом, что ТЭЦ предполагается перевести на отопление пылью подмосковного угля, техника сжигания которого нами еще осваивается в котельных нормального типа, можно притти к выводу, что предстоящая работа по освоению ТЭЦ и ее проектной мощности возможна лишь при самом тесном контакте эксплоатационников с научно-исследовательскими кадрами теплотехников. От этого зависит будущее пара сверхвысокого давления в Союзе.

Итоги теплофикации и строительства ТЭЦ в первой пятилетке

Рассмотренные нами ТЭЦ не обобщают, конечно, всего разнообразия примеров теплофикации и приемов проектирования тех десятков ТЭЦ, которые были построены в период пятилетки. Тем не менее вышеприведенные установки служат наглядной иллюстрацией того, какими основными путями развивалась у нас творческая теплотехническая мысль и какими этапами внедрялась техника пара повышенного, высокого и сверхвысокого давления.

Рассмотрение объектов энергостроительства показывает, что общая характеристика и целевая установка ТЭЦ претерпели серьезные изменения в течение пятилетнего периода реконструкции нашей страны.

В первые годы пятилетки ТЭЦ имели ярко выраженный фабрично-заводской характер и нагрузку. В последние же годы превалируют уже чисто районные ТЭЦ, радиус действия которых распространяется за пределы технологических потребителей — в районы расположения жилых поселков и коммунальных предприятий. В городских индустриальных центрах эти ТЭЦ становятся опорными пунктами районной теплофикации.

Подводя итоги строительству ТЭЦ первоначального периода, мы получаем суммарную их мощность к концу пятилетки порядка 248 700 kW, что при общем их числе 45 соответствует средней мощности порядка 6 400 kW.

Точно так же необходимо отметить переоборудование некоторых чисто конденсационных городских ГЭС в ТЭЦ путем установки на них теплофикацио-

ных турбин, как, например: 1-я и 2-я МГЭС, 2-я и 3-я ЛГЭС, Харьковская коммунальная и ряд других коммунальных установок Смоленска, Ярославля, Костромы и Перми.

Из крупных районных ТЭЦ, строившихся в 1929 г., к концу пятилетки вступили в эксплоатацию пять, общей суммарной мощностью 182 тыс. kW, а именно: Березниковская, Сталинская (Кузнецкая), Горьковского автозавода, Харьковского тракторного и Сталинградского тракторного. Все перечисленные ТЭЦ, за исключением первой, строились при одинаковых почти начальных тепловых параметрах пара, давлении 33 *ата* при температуре перегрева 425° и 450° С. Эти же параметры соблюдены на остальных 8 ТЭЦ (кроме ТЭЦ ВТИ), находившихся к концу пятилетки в постройке; суммарная мощность составляла около 935 тыс. kW, а средняя взвешенная 52 тыс. kW, что в восемь раз превышает среднюю мощность фабрично-заводских ТЭЦ (6 400 kW).

Из числа наиболее крупных следует отметить Сталинскую ТЭЦ в Москве, конечной мощностью 250 тыс. kW, предположенную к пуску в III квартале 1934 г., Фрунзенскую ТЭЦ в Москве конечной мощностью 150 тыс. kW, срок пуска которой намечен в 1936 г., и ТЭЦ ЗИС (автозавода им. Сталина) в Москве мощностью 75 тыс. kW первой очереди, пуск которой намечается в конце 1935 г. Из остальных установок заслуживают внимания по характеристике принципиальной тепловой схемы и по тепломеханическому оборудованию ТЭЦ Ярославского резинового комбината (77 тыс. kW), которая намечена к пуску в 1934 г., Тульского металлургического завода (50 тыс. kW) и Саркомбайна (12 тыс. kW).

Заканчивая обзор развития и перспективного плана строительства ТЭЦ, нельзя не отметить, что все объекты, строившиеся и пущенные в эксплоатацию в период первой пятилетки, базировались на импортном оборудовании, тогда как превалирующая часть новых ТЭЦ ориентируется почти исключительно на советские теплофикационные турбины.

Теплофикационная сеть и ее протяженность ярко иллюстрируют наши успехи в области теплофикации.

На первом месте, как показывает статистика, стоит Ленинград с суммарной протяженностью теплопроводов 30 *км*, при отпуске 372 мегакалорий тепла в 1932/33 г.; на втором — Москва, 14 *км*, при отпуске 645 мегакалорий в 1932/33 г.; на третьем — Харьков, 6 *км* при отпуске 25 мегакалорий в 1932/33 г., и ряд других крупных индустриальных городов и промышленных комбинатов металлургии, химии и машиностроения.

Большую роль в области теплофикации играет замена металлических труб недефицитными материалами — асбестом, цементом, деревом, этернитом, диабазом и др., а также бесканальная проводка, которая испытывается рядом научно-исследовательских институтов.

Все это сильно облегчает осуществление теплофикации и стимулирует присоединение потребителя к ТЭЦ.

Широкие перспективы теплофикации открываются в агроиндустриальных комбинатах и совхозах, где теплофикация только начинает делать первые шаги.

Строительство ТЭЦ во второй пятилетке будет проводиться в жизнь на основании опыта проектирования, строительства и эксплоатации ТЭЦ первой пятилетки. Тем не менее теплотехникам предстоит решить ряд теоретических и научно-исследовательских проблем. К ним относится выбор стандартного типа теплофикационных турбин, топливоснабжение ТЭЦ крупных городских центров, вблизи угольных бассейнов или торфяных массивов (проблема ближнего или дальнего газоснабжения), очистка дымовых газов от летучей золы и серы. Не меньшего внимания заслуживают проблема подготовки воды, особенно в ТЭЦ, с большой добавкой сырой воды и вопросы выравнивания тепловых нагрузок ТЭЦ и аккумулирования тепла в сетях и у абонентов.

Использованная литература

«Труды 1-го теплотехнического съезда», 1923. Г. Кржижановский, Задачи 1-го теплотехнического съезда.

«Труды 3-го теплотехнического съезда», 1926. В. И. Худяков, О сжигании антрацитовой пыли.

«Труды 1-го теплотехнического съезда», 1923. П. М. Соловьев, О сжигании торфа в шахтно-цепных топках.

«Труды ВЭК Госплана Союза». Топки для торфа и других топлив, 1930. М. М. Щеголев, Механические топки для сжигания торфа.

«Труды ВИТГЭО» (б. ЛОТИ), 1933. Г. Ф. Кнорре, М. А. Наджаров, М. П. Волков, Сжигание натурального фрезторфа в топках Шершнева.

«Труды конференции по сжиганию антрацитового штыба на ГРЭС СССР», 1933. А. В. Оржевский, Н. А. Комаров, И. А. Харламов, Сжигание АШ на Штеровской и Зуевской ГРЭС и ГРЭС «Артем».

Четыре районных ГРЭС на торфе, 1930. И. З. Миттельман. Брянская ГРЭС. Осовская, Нижегородская, Ивановская.

«Штеровское строительство», 1928. Коллектив, Опыт проектирования и эксплоатации.

«Тепло и сила», 1927. № 4—5. Ж. Л. Таннер-Танненбаум, Теплофикация Центрального района Москвы.

То же, 1931. № 8. Б. В. Мокршанский, Сжигание фрезторфа.

«Тепло и сила» 1932, № 10. Ж. Л. Таннер, С. Ф. Копьев, Итоги теплофикации и строительства ТЭЦ.

То же 1928, № 12. Н. А. Орлов, Итоги эксплоатации Штеровской ГЭС.

То же, 1933, № 1. П. А. Баклушин, Е. М. Кирпичев, Из аварийного журнала Березников.

То же 1934 № 1. И. З. Миттельман, Качественные сдвиги в топочной технике в период пятилетки (1928—1933).

«Электрические станции», 1931, № 1. И. З. Миттельман, ГРЭС на фрезерном торфе.

То же. М. Смирнов, К десятилетию плана Гоэлро.

То же 1933, № 2. А. В. Котомин, Дубровская ГРЭС.

Ю. МИЛОНОВ

Из истории строительной техники рабовладельческого общества

1. Технические последствия отделения ремесла от земледелия

Второе великое общественное разделение труда — отделение ремесла от земледелия — вызвало громадные сдвиги в технике [1].

Уже один тот факт, что работник сосредоточил свое внимание на более узком круге предметов и средств труда, а тем самым и рабочих движений, оказал на технику очень большое влияние. «Ремесленник, совершающий один за другим различные частичные процессы, из которых складывается производство продукта, — говорил Маркс, — должен то переходить с места на место, то переменять инструменты... Орудия одного и того же рода... употребляются в различных процессах труда и, с другой стороны, в одном и том же процессе труда один и тот же инструмент служит для различных операций. Но с того момента, когда различные операции данного процесса труда обособились друг от друга... возникает необходимость в изменении орудий, служивших ранее для различных целей. Направление этого изменения формы выясняется на опыте, который показывает, какие именно особые трудности представляет пользование орудиями в их изменившейся форме [2]». Такова диалектика усовершенствования ремесленного инструмента. Инстинктивно, но очень отчетливо ее чувствовали многие античные писатели. «...Те, которые часто меняют свои занятия, ни одно из них не усваивают себе основательно», — писал Изократ [3]. «Неизбежно, что тот, кто выполняет наиболее простую работу, выполняет ее наиболее совершенно», — утверждал Ксенофонт [4]. «...Унаследовав многие правила от предков, они (ремесленники — *Ю. М.*) ревностно стараются изобретать новые улучшения», — подчеркивал самую существенную сторону этого дела Диодор Сицилийский [5]. Вполне естественно, что в древности образцом промышленной страны считали Египет, где закон запрещал ремесленникам заниматься разными ремеслами.

Сделавшись рынками, города, возникшие благодаря отделению ремесла от земледелия, оказали, в свою очередь, громадное влияние на дальнейшее развитие ремесла в отношении его дробления и специализации. «В мелких городах, — пишет Ксенофонт, — один и тот же человек делает постели, двери, плуги, столы; иногда он, кроме того, строит дома и очень рад, если имеет достаточное количество

---

[1] В разных странах это разделение произошло в различное время. В Греции оно относится к эпохе, описываемой Гомером, т. е. к X—VIII вв. до начала современного летоисчисления.

[2] «Капитал», т. I, изд. 8, стр. 256. (В дальнейшем все выдержки из «Капитала» цитируются по тому же изданию.)

[3] Там же, стр. 278.

[4] Там же.

[5] Там же, стр. 255.

подобного рода заказов, необходимых для поддержания его жизни... Но в крупных городах, где каждый работник находит много покупателей, ему достаточно знать одно ремесло, чтобы прокормиться. Зачастую даже нет необходимости знать ремесло в целом» [1].

В новых укрепленных городах концентрируются значительные массы населения. Так, античные Афины в III в. до начала современного летоисчисления, по словам Геродота, насчитывали 30 тыс. человек [2]; но Афины в то время вовсе не были чем-нибудь исключительным. Тот же Геродот указывает, что они по объему примерно одинаковы с Агбатанами. Из простого убежища на время военных действий город сделался сначала центром племени, затем союза племен и, наконец, государства.

Сосредоточение значительных масс народа в городах поставило ряд проблем, не привлекавших к себе внимания в прежнее время, пока города оставались только убежищами. Наиболее важными из этих проблем были: борьба с пожарной опасностью, водоснабжение и удаление отбросов.

Сравнительная скученность населения в городах поставила также проблему интенсивного использования площади, охватываемой крепостной стеной, проблему, разрешенную применением многоэтажности. А многоэтажность предъявила к сооружению ряд технологических требований. «Стены кирпичные никуда не годятся, ежели не кладены в два или три ряда, — говорит Витрувий, —то есть, если их сделать только в полтора фута толщиной, не могут более одного жилья на себе снести, а сие весьма худо в таком городе, где малость места не дозволяет распространяться, однако надобно поместить бесчисленное множество жителей, то для сего необходимо подымать строение вверх»[3].

Но необходимость возведения солидных сооружений превратилась в возможность только в связи с другим фактором общественного развития, порожденным вторым великим общественным разделением труда—рабством. «Непрекращающийся рост производства, — пишет Энгельс, — а вместе с ним и производительности труда повышали ценность человеческой рабочей силы. Рабство, только возникавшее и случайное на предыдущей ступени развития, теперь занимает видное место в устройстве общества; рабы перестают быть простыми помощниками: их целыми толпами гонят к работе или на поле, или в мастерскую» [4].

Открыв возможность применения простой кооперации в больших масштабах, рабство обеспечило сооружение гигантских построек, предназначенных для того, чтобы контролировать в интересах хозяйства какую-нибудь силу природы, использовать ее или сдерживать ее разрушительные действия. «В колоссальном масштабе значение простой кооперации, — говорит Маркс,—обнаруживается в тех гигантских сооружениях, которые были воздвигнуты древними азиатскими народами, египтянами, этрусками и т. д. ... Спорадическое (в единичных случаях) применение кооперации в крупном масштабе в античном мире в средних веках и современных колониях покоится на отношениях непосредственного господства и подчинения, обыкновенно на рабстве» [5].

Рабство оказало также большое влияние на характер и конструкцию орудий труда. «Рабочий, по меткому выражению древних, — пишет Маркс, — отличается здесь только как Instrumentum vocale (одаренное речью орудие) от животного, как Instrumetum semivocale (одаренное голосом орудие) и от неодушевленного орудия труда, как от Instrumentum mutum (немого орудия). Но сам-то рабочий дает почувствовать животному и орудию труда, что он не подобен им, что он — человек. Дурно обращаясь с ними и с истинным сладострастием подвергая их порче, он достигает сознания своего отличия от них. Поэтому считается экономическим принципом

---

[1] «Капитал», т. I, стр. 278.
[2] Геродот, изд. Кузнецова, 1886 г., кн. V, 97.
[3] Марка Витрувия об архитектуре десять книг. Петербург 1790 г., кн. III, стр. 150 и след.
[4] Энгельс, Происхождение семьи, частной собственности и государства, стр. 164.
[5] «Капитал», т. I, стр. 250.

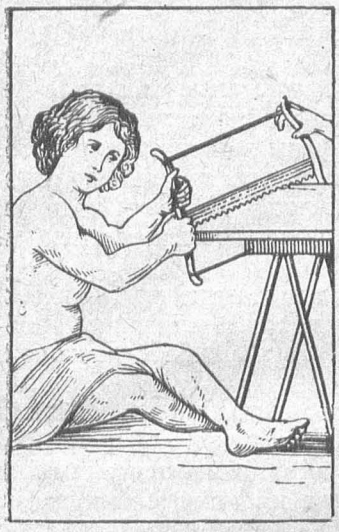


Рис. 1. Античная пила

такого способа производства применять только наиболее грубые, наиболее неуклюжие орудия труда, которые как раз вследствие своей грубости и неуклюжести труднее подвергаются порче» [1].

Это упрощение орудий шло одновременно с их продолжающейся специализацией, причудливо переплетаясь с нею.

Наконец, рабство явилось исходной точкой появления противоположности между физическим и умственным трудом. «...Начало искусств и наук, — говорит Энгельс, — было возможно не иначе, как при усиленном разделении труда между массами, поглощенными простой и физической работой, и немногими привилегированными, управляющими трудом, занимавшимися торговлей, государственными делами, а позже искусствами и науками. Простейшей, естественно выросшей формой такого разделения труда было именно рабство» [2]. «Вместе с возникновением городов, крупных построек и развитием ремесла развилась и механика, — пишет Энгельс, — вскоре она становится необходимой также для судоходства и военного дела. И она нуждается в помощи математики и поэтому способствует ее развитию. Таким образом уже с самого начала возникновение и развитие наук обусловлено производством» [3].

Усовершенствование орудий труда, разработка новых приемов работы, широкое применение простой кооперации, упрощение орудий рабского труда, наконец, возникновение науки — таковы сдвиги, произведенные в технике вторым великим общественным разделением труда — отделением ремесла от земледелия. Все это нашло отражение и в технике строительного дела, обогатившейся появлением новых орудий обработки дерева и камня, усовершенствованием каменной кладки, изобретением кирпича, разработкой системы мер пространства и инструментов измерения и развитием механики и математики.

2. Усовершенствование орудий обработки дерева

Превращение строительного дела в ремесло поставило перед обработкой дерева ряд новых требований, которым уже не соответствовал топор, оставленный в наследство предшествующим периодом. Топором можно было срубить дерево, грубо обтесать ствол, перерубить бревно, вырубить простые шипы в чашку. Но топор был бессилен справиться с резкой бревна вдоль, на доски. С его помощью можно было изготовлять только тесаные доски сравнительно медленно и с очень большой потерей древесины. Между тем развитие судостроения и все более широкое применение деревянной двери, связанное с появлением частной собственности, создавали большую потребность в досках. Эта потребность могла быть удовлетворена только с началом применения в обработке дерева пиления, издавна употреблявшегося для обработки камня. Будучи воспроизведено в металле, зубчатое лезвие решило проблему доски (рис. 1). Этот этап в развитии строительной техники нашел отражение в старинном правиле, которое общественное мнение приписало древнему полулегендарному греческому законодателю Ликургу: «обтесывать двери только пилой, а крышу только одним топором» [4].

---

[1] «Капитал», т. I, стр. 134.
[2] Энгельс, Анти-Дюринг, 1931, стр. 167—168.
[3] Энгельс, Диалектика природы, стр. 39.
[4] Вейс, Внешний быт народов с древнейших до наших времен, изд. Солдатенкова, 1874, стр. 178.

Пила дала не только доску, но и брусок прямоугольного сечения. Получавшиеся при распиловке из толстых бревен прямоугольные бруски стали воспроизводиться впоследствии и при помощи топора уже из соображений декоративного порядка. Но этот способ входил в употребление очень медленно. Племена и народы, у которых ремесло еще не отделилось от земледелия, недоумевали и не принимали новшества. Есть легенда о том, что спартанец Леотикид, увидав в доме своего хозяина в Коринфе прямоугольно отесанные балки, с насмешкой спросил его: «Разве в Коринфе растут четырехугольные деревья?»[1]

Металлическая пила быстро вошла в употребление, явившись исходной точкой значительного прогресса в обработке дерева и камня. Но ее широкое применение обнаружило один большой недостаток, который удалось устранить только при усовершенствовании этого инструмента. Ширина пропила была равна толщине полотна пилы, вследствие чего между поверхностью пропила и боковыми поверхностями пилы возникало трение, затруднявшее работу. Терпимое при спорадическом употреблении пилы, это трение стало невыносимым тормозом при ее регулярном применении. Его устранили изобретением разводки зубьев, на которую могли натолкнуться случайно в процессе точки пилы, но сумели осознать и широко применить лишь на определенном этапе развития строительной техники.

3. Развитие каменной кладки

Каменная кладка зародилась задолго до второго великого общественного разделения труда. Завалка еще в пещере лишних отверстий, или излишнего свободного пространства входного отверстия необделанным камнем, создавала неудобства, обусловленные большим естественным откосом каменной насыпи. При таком способе невозможно было возвести высокую стену на небольшом основании и совершенно исключалась возможность получить вертикальную поверхность. Длительная практика обнаружила, что решение задачи возможно при укладке камней друг на друга в наиболее устойчивом положении. Так возникла циклопическая кладка, т. е. кладка из больших необработанных каменных глыб, между которыми оставались значительные промежутки, заполнявшиеся мелкими камнями и глиной[2]. Когда же в поисках удобных и плодородных пашен люди вынуждены были селиться и там, где не было пещер, каменная кладка приобрела самостоятельное значение. Воздвигали уже не дополнения к пещере, а самостоятельные стены, составляющие здания. Таким образом строили и жилые дома и крепостные стены возникавших городов. «Город, окружающий своими каменными стенами, башнями и зубцами каменные или кирпичные дома, сделался, — говорит Энгельс, — средоточием племени или союза племен: громадный прогресс в строительном искусстве, но вместе с тем и признак увеличивающейся опасности и потребности в защите»[3].

Однако малая устойчивость циклопической кладки, обусловленная случайным характером соотношений между центром тяжести и точками опоры в каждом отдельном блоке и неполным соприкосновением камней друг с другом, затрудняла возведение высоких стен, которых требовали крепостные сооружения.

Выход из положения был найден лишь с превращением каменной кладки в специальное занятие. Он был найден в так называемой полигональной кладке: кладке из камней, околотых с постелей и заусенков. Их клали не в один ряд, при котором швы лежали в одной горизонтальной плоскости, а соответственно многогранной форме камней, прилаживая грань к грани. Окалывание первоначально производили каменным молотком, но только из более твердой породы.

---

[1] Вейс, Внешний быт народов с древнейших до наших времен, изд. Солдатенкова, 1874, стр. 180.

[2] Здесь сказался и опыт, накопленный в горном деле, где рано научились выводить искусственные столбы для поддержания кровли в выработанном пространстве. Вообще горное дело было отраслью, которая самым непосредственным образом связана с развитием строительного дела. *Ред.*

[3] Энгельс, Происхождение семьи, изд. 1932 г., стр. 164.

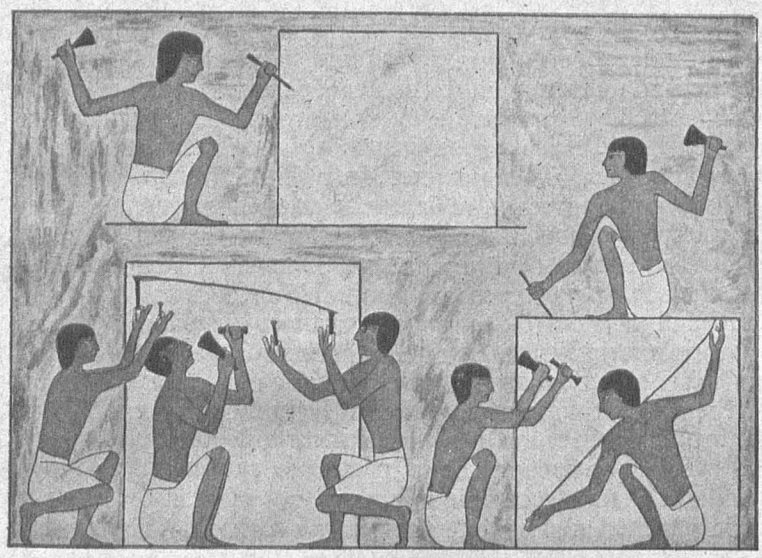


Рис. 2. Египетские каменотесы

Строительный камень откалывали от массива при помощи каменной же кирки. Но каменные орудия хорошо брали только выветрившуюся породу и были бессильны справиться с более твердыми породами. При ударе об эти последние они ломались. Скалывание кусков молота и частое переламывание его пополам на месте уха сильно тормозили работу. Только с применением металла проушина перестала быть узким местом и наиболее аварийной точкой молота, насаженного на рукоять. И лишь металлические орудия открыли возможность отесывания больших каменных блоков.

Применение каменной кладки вызвало ломку камня в больших количествах на местах его залегания. С этой задачей не могла справиться даже металлическая кирка. Такое затруднение заставило искать способа иным путем отламывать большие глыбы. В помощь непосредственному удару и в дополнение к нему применили клин, свойства которого были уже известны из практики раскалывания бревен [1]. Сам по себе деревянный клин оказался недостаточным для отламывания больших кусков камня, но его применение натолкнуло на новый способ ломки. Просверлив в скале ряд дыр, в них вбивали клинья. При намокании (так, например, во время дождя) эти вбитые в скалу деревянные клинья сильно разбухали и образовывали в ней трещины, которые давали возможность отделять от скалы большие куски камня. Этот способ получил впоследствии очень широкое распространение.

Переход в ломке камня от удара к давлению имел для техники кладки очень большие последствия. Осадочные породы, применявшиеся в качестве строительных материалов, при откалывании боковым давлением давали трещины по линиям наименьшего сопротивления по плоскости соприкосновения пластов. Таким образом получались постелистые, призматические плиты.

Прямоугольная форма блоков, быстро показавшая все свои преимущества, заставила тщательно отесывать строительный камень. Но с этой задачей не могли справиться ни молоток ни кирка. Здесь требовалось такое же сочетание силы удара с точностью, обеспечиваемой нажимными инструментами, — сочетание, которое давали молоток и долото. Эта комбинация была применена при отесывании камня.

Долото превратилось, таким образом, в шпур (рис. 2). Однако большая сподручность кирки заставила сохранить ее в качестве орудия отесывания камня при меньшем сбое.

Изобретение новых каменотесных инструментов, в свою очередь, стимулировало дальнейшее развитие кладки из призматических постелистых блоков. При такой кладке устранялась опасность вертикального смещения, и тем самым открывалась возможность увеличения высоты стены. Однако чем выше

[1] А также из практики горного дела. *Ред.*

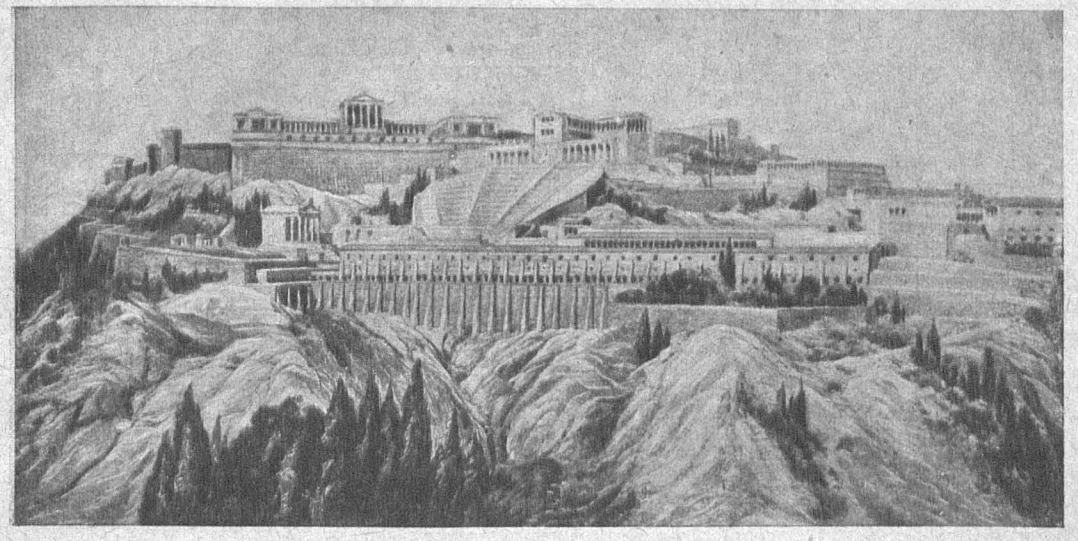


Рис. 3. Пергамский Акрополь

становилась стена, тем более ей угрожала опасность бокового смещения как в форме распадения на отдельные вертикальные столбы, так и в форме простого опрокидывания.

Первая опасность была устранена изобретением правильной перевязки швов. «Оные камни, лежа одни на других порядочными рядами, перевязаны, как обычно кирпичи бывают, — пишет Витрувий, — отчего стена получает свою долговечную силу» [1]. Вторую задачу разрешило применение специальных подпорных насыпей. «Ничто не может столько крепости придать городским стенам и башням, как ежели сделать позади их насыпь земляную, ибо когда они таким образом подперты будут, то уже ни тараны, ни подкопы, ни прочие какие бы то ни было орудия не могут никак их раскачать», — говорит Витрувий [2].

Однако подпорная насыпь, устранявшая опасность опрокидывания стены внутрь, не гарантировала от падения ее наружу. Строго вертикальная плоскость стены, обеспечивая ее неприступность, не устраняла, однако, опасности опрокидывания. Покатая стена, наоборот, гарантировала устойчивость, но за счет неприступности. Задача сочетания противоположных качеств двух этих конструкций была разрешена изобретением контрофорсов, которые представляли собой наклонные подпорки вертикальной стены (рис. 3).

«Извне, — сообщает Витрувий, — надобно придать стене пристенки и упоры или быки, которые должно делать в то же время, как кладется самая стена. При этом требуется, чтобы они внизу протянулись в земле настолько, сколько высока стена, чтобы они снизу поднимались кверху, уменьшаясь постепенно, и выдавались бы кверху настолько, сколь толста стена» [3].

Возрастающая высота стен, обеспеченная применением призматических блоков и контрофорсов, а также правильной перевязкой швов, предъявила большие и очень суровые требования к фундаменту. Если раньше в качестве основания удавалось использовать грунт путем уширения здания в форме трапеции или возведения его уступами, то теперь с увеличением массы стены этого было уже недостаточно. Тем более, что с постройкой новых укрепленных городов выбор их места определялся не наличием на поверхности подходящих для поддержки сооружения грунтов, а соображениями стратегического порядка. В поисках прочной опоры котлован стали углублять до материка.

[1] Витрувий, кн. I, стр. 94.
[2] Там же, стр. 98.
[3] Там же, стр. 97.

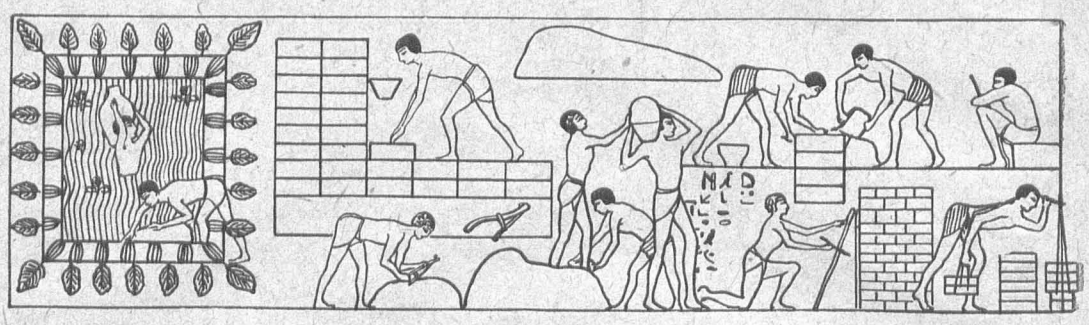


Рис. 4. Изготовление кирпича в Египте

«Надлежит рвы копать, — говорит Витрувий, — до самого материка, ежели можно, да и в самом материке, сколько надобно для поддержания тяжести стен, и класть фундамент из самого крепкого камня, который можно будет найти; и пускать ширину около фундамента гораздо больше, нежели как будет толщина стен сверх погребов» [1].

Разрешение проблемы фундамента еще больше раздвинуло границы увеличения стены сооружения.

4. Изобретение кирпича

Применение постелистых камней, обеспечившее возможность большего вытягивания стен вверх, в то же время создавало ряд серьезных затруднений. Прежде всего такие камни не везде можно было найти, их приходилось доставлять нередко издалека. Они требовали длительной и сложной обработки путем отесывания. Их большой вес затруднял как доставку наверх, так и самую кладку. Один камень приходилось и поднимать и укладывать нескольким работникам.

Пути к устранению этих затруднений строители стали искать сразу в нескольких направлениях.

От дальней доставки пробовали избавиться применением местного материала; от трудностей подъема и кладки — уменьшением размеров каждого блока. Однако уменьшение размеров камня было связано с удлинением процесса его обработки. Выход был найден в применении глины, пластические свойства которой были раскрыты и использованы в предшествующий период развитием гончарного дела. Из глины стали формовать на специальной деревянной доске призматические глиняные кирпичи (рис. 4). Это был как будто возврат к прошлому, к эпохе, когда глина как строительный материал широко применялась для обмазки рогожи или плетня, но возврат на совершенно новой основе — в форме воспроизведения призматического камня.

Кирпич-сырец открыл для архитектуры громадные возможности. Так как глина широко распространена на поверхности земного шара, то благодаря кирпичу применение каменной кладки было освобождено от каких бы то ни было местных ограничений. Кирпич обеспечивал возможность более быстрого и легкого возведения высоких стен. Он-то собственно и положил начало быстрому развитию каменной архитектуры.

Однако кирпич-сырец имел свои существенные недостатки. Ему нехватало прочности камня. Глина трескалась и рассыпалась при ссыхании. В борьбе с растрескиванием стали применять уже разработанные гончарами приемы уплотнения глины уминанием. Стали подмешивать к глине нарезанный тростник и солому, вводя арматуру, и формовать кирпич не на дощечке, а в специальной форме.

Но оставался наиболее существенный недостаток кирпича — его гигроскопичность и крайне слабая сопротивляемость действию влаги. Нередко сильные ливни смывали с земли если не целые города, то уж во всяком случае целые дома.

[1] Витрувий, кн. I, стр. 97.

Все же преимущества кирпича были очевидны и сильнейшим образом стимулировали искание путей к устранению его недостатков. «Лучше всего, — пишет об этом Витрувий, — чтобы кирпич пролежал целые два года, ибо ежели его употребить в дело, когда он недавно отделан, и, не дав ему времени, чтобы совершенно высохнуть, наложенная на него подмазка скоро высохнет и закрепнет; а кирпич, между тем, пока станет высыхать, сожмется и осадкою своей отделится от подмазки; из сего выйдет то, что подмазка, ежели не будет плотно лежать на стене, не может сама собою держаться по причине ее тонкости, но кусками отвалится; после чего стена неравною своею во всех местах осадкою испортится и, наконец, развалится» [1]. Все эти недостатки устранил обжиг, позаимствованный из гончарного дела. Обжиг дал кирпичу прочность естественного камня и тем самым на несколько тысячелетий укрепил его положение в строительной технике.

Прочный обожженный кирпич скоро, однако, вступил в конфликт с применявшейся до того для скрепления кладки глиняной подмазкой. Сохраняя все недостатки кирпича-сырца, эта подмазка не соответствовала новым требованиям. Благодаря ее нестойкости было невозможно добиться от стены той прочности, которую имели отдельные составляющие эту стену кирпичи. Это обстоятельство заставило упорно искать более прочной замазки. Она была найдена в виде асфальта, с одной стороны, и извести, — с другой. Асфальт был очень древним открытием человечества. Он применялся еще в каменном веке для скрепления бойков и лезвий орудий с древками. Изобретение же известкового раствора связано с периодом перехода к обожженному кирпичу.

Многовековая практика приготовления кирпича и известкового раствора дала ремесленникам основу и стимул для формулировки крайне примитивных, но для того времени совершенно достаточных эмпирических правил относительно строительных материалов и способов изготовления этих материалов.

Обжиг кирпича уже не мог производиться на костре, как это делали с посудой. 300—500°, которые мог дать костер, было уже совершенно недостаточно для обжига кирпича. Для глин, содержавших известь, требовалась температура в 950—1050°, для более бедных известью железных глин — даже 1110—1150°. Это обстоятельство заставило сильно поднять стенки очага, который, таким образом, превратился в простейшую напольную печь. В этой печи, куда вместе с кирпичом попадали куски мергеля, и обнаруживалась способность последнего рассыпаться при нагревании в белый порошок. А применение раствора такого белого порошка для побелки раскрыло вяжущие свойства отожженной гашеной извести.

Обожженный кирпич в соединении с известковым раствором произвел глубокую революцию в строительной технике. Такое соединение создало возможность в короткое время возводить громадные монументальные постройки, сохранившиеся в течение тысяч лет.

5. Появление механики

«...С возникновением городов, крупных построек и развитием ремесла развилась и механика», — говорит Энгельс [2].

С употреблением камня строительное дело потребовало от людей передвижения и подъема очень больших тяжестей. Большие камни невозможно было ни переносить, ни поднять на постройку просто в руках или на плечах и даже на спине. Приходилось сдвигать их при помощи рычагов и тащить волоком. Принцип скольжения не годился для сухих грунтовых дорог. Выход из создавшегося положения был найден в применении салазок. Практика показала, что тяга сильно облегчалась, когда под полозья попадали палки. В этих случаях скольжение уступало место качению, при котором коэфициент трения был значительно меньше.

[1] Витрувий, кн. II, стр. 150.
[2] Энгельс, Диалектика природы, стр. 39.

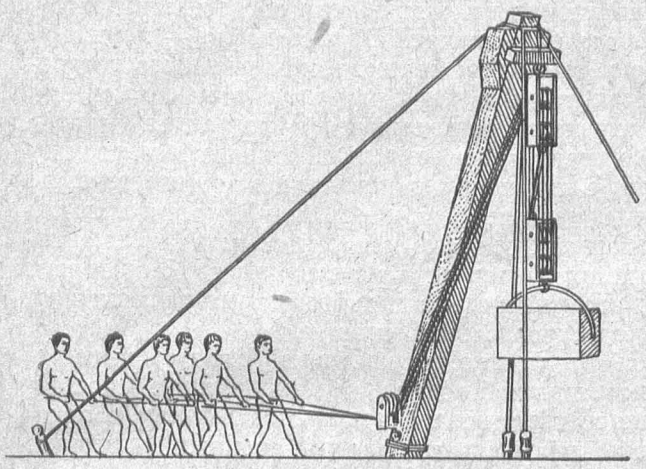


Рис. 5. Римский кран.

Облегчение работы заставило сознательно подкладывать под салазки специальные обрубки дерева — катки. В конце концов стали применять несколько штук таких катков. При движении салазок они катились под полозом и, дойдя до заднего конца, выскакивали из-под него. Для удобства перевозки было необходимо, чтобы катки были под полозом все время, но это оказывалось несовместимым с самой сущностью качения. Поскольку устлать всю дорогу катками было невозможно, стали перекладывать одно и то же сравнительно небольшое количество катков, составивших теперь в руках обслуживавших повозку рабов как бы бесконечную роликовую гусеницу.

Этот способ передвижения был применен вслед за тем при переволакивании груженых лодок из бассейна одной реки в бассейн другой. Каток стал, таким образом, почти универсальным средством передвижения. Перетаскивание тяжестей познакомило и со свойствами наклонной плоскости. Было обнаружено, что тащить вниз по косогору легче, чем по горизонтальной поверхности, а поднимать по косогору тем легче, чем меньше его наклон.

Еще большие трудности, чем доставка строительного материала на место, создавало поднимание его на стену. Поднять камни на веревках по вертикали можно было только на очень незначительную высоту. И вот, когда высота вступила в конфликт с этим приемом поднимания тяжестей, в поисках способа решения задачи стали применять ту же самую наклонную плоскость, которая так часто выручала при подтаскивании материала к месту постройки. Стали возводить насыпи, по которым и втаскивали наверх каменные глыбы.

Для поднимания тяжестей применили также изобретенный задолго до того блок. Широкое применение блока (рис. 5) послужило базой для его научного исследования. По сообщениям античных писателей первым за изучение блока взялся Архит Таррентский (V в. до начала современного летоисчисления). Однако, что именно он внес в учение о блоках, неизвестно, так как его сочинения не сохранились.

Повидимому, именно блок имел в виду Аристотель, когда он в своих «проблемах механики», говоря о рычаге, где «меньшее осиливает большее, маленькая тяжесть поднимает большие», писал:

«Основная причина всего этого заключается в существе круга и притом весьма естественно, ибо ничего нет несообразного в том, что из чудесного выходит что-нибудь чудесное. Самое же чудесное есть объединенная связь противоположных свойств.

Круг же есть на самом деле такая связь. Он создается даже чем-нибудь движущимся и чем-нибудь остающимся в покое» [1].

В результате практического пользования рычагом у руководителей строительными работами накопились сведения о его свойствах и навыки применения этих свойств. Проблема выяснения свойств и законов рычага, правда, в довольно туманной и незаконченной форме, была поставлена еще Аристотелем. Аристотель сравнил движение частей рычага и перемещение в одно и то же время на разные расстояния конечных точек радиуса или отрезка диаметра в круге.

[1] Цитирую по книге Э. Маха, Механика, 1909, стр. 17.

Основы учения о рычаге были заложены только Архимедом. Он исходил из двух положений: величины одинаково тяжелые, действуя на равном расстоянии (от точки опоры), находятся в равновесии. «Если же они действуют на неравном расстоянии, то в равновесии не находятся, а действующая на большем расстоянии опускается». Эти положения, повидимому, опирались на практику взвешивания при помощи безмена, широко распространенного в те времена среди торговых народов, живших по берегам Средиземного моря.

Из формулированных выше положений Архимед сделал вывод, что соизмеримые величины находятся в равновесии, когда расстояния их (от точки опоры) обратно пропорциональны их массам. Таким образом Архимед выяснил отношение между грузами и плечами, которое было нужно знать для лучшего использования рычага. Он дал объяснение законов действия рычага, обобщив действие коромысла безмена.

Ход его мыслей был таков. Два груза, равные между собой, подвешены к концам стержня, который может вращаться около середины. Они находятся в равновесии. Если стержень с грузами подвесить на перекинутой через блок веревке за середину, то на конец этой веревки придется повесить груз двойного веса (если считать стержень невесомым). Это означает, что равные грузы на концах заменяют двойной груз в середине. На концы коромысла, одно плечо которого вдвое больше другого, вешаются грузы весом один вдвое меньше другого. Больший груз можно заменить двумя меньшими, подвесив оба их на равном расстоянии от точки привеса. Равновесие не изменяется.

К плечам рычага, относящимся как 3 : 4, Архимед подвешивал грузы, относящиеся как 4 : 3. Затем он удлинял меньшее плечо на 4, большее на 3. А грузы 4 и 3 заменял четырьмя и тремя парами симметрично подвешенных грузов 1 : 2. И он получал в результате полную симметрию, т. е. равновесие. Это обозначало, что любой большой груз можно заменить несколькими малыми, которые прикреплены через равные промежутки к стержню, привешенному за середину, в точке подвеса большего груза к коромыслу. Обобщая эти данные, Архимед установил отношение обратной пропорциональности между грузом и плечом.

Особенно остро проблема равновесия встала при возведении перекрытия.

Очень часто в результате нарушения законов равновесия еще до замыкания, обе ветви возводимой напускной с двух сторон арки не выдерживали и обваливались и, уже развалившись, упирались друг в друга. Нижние кирпичи оставались в прежнем положении, а верхние оказывались заклиненными. Это дало стимул и основание к применению арки, построенной на принципе заклинивания (клинчатая арка).

Поскольку арка была невелика, ее выкладывание не требовало особых приспособлений. Но клинчатая арка разрешала одно крайне важное и неудобное противоречие стрельчатой арки, выкладываемой напуском; противоречие между шириной и высотой. Чем шире был пролет арки, тем выше приходилось поднимать стрелу. Поэтому напускная арка была вообще неудобна для широких пролетов, появившихся в результате развития больших и сложных сооружений.

Обычную стену можно было ровно вывести при помощи отвеса и уровня, не задумываясь особенно над законами равновесия. В совершенно ином положении оказывались строители, когда они кроме стен начали выкладывать арки, в особенности в их первоначальной форме в виде арки напуском. Здесь камни держались только в том случае, если центр тяжести лежал над плоскостью камня, служившего основанием. А вся постройка не падала лишь при том условии, если напуск был мал и проекция центра тяжести находилась внутри площади опоры. Но положение менялось, когда замыкали арку. Тогда обе стороны равнобедренной арки подпирали друг друга и не падали. Однако во время самой кладки все затруднения оставались.

Исследованием законов равновесия для поверхностей самой разнообразной формы занимался Архимед. В своей книге о центре тяжести он дает математические способы решения этой задачи. Из рассуждений его видно, что он в своей ра-

боте исходил из техники кирпичной кладки. Определяя центр тяжести треугольника, Архимед представляет его себе разрезанным на узкие полосы, параллельные одной из его сторон. И каждую из этих полос он изучает на основе им же открытого закона равновесия рычага. Найдя, таким образом, что центр тяжести на медиане, он пришел к выводу, что это есть точка, лежащая в пересечении двух медиан. Взяв за исходную позицию анализ треугольника, Архимед исследовал четырехугольник, разбивая его на треугольники, а затем многоугольники, представляя их состоящими из четырехугольника и треугольников.

6. Разборка системы мер пространства и измерительных приборов

«...Самый плохой архитектор, — говорит Маркс, — от наилучшей пчелы с самого начала отличается тем, что, прежде чем строить ячейку из воска, он уже построил ее в своей голове» [1].

Необходимым условием сооружения сколько-нибудь сложной постройки вроде места общественных собраний или крепостной стены является предварительный математический расчет, изготовление хотя бы примитивного чертежа и постоянные измерения в ходе самой стройки. Ремесленникам — каменотесам и строителям — приходилось на каждом шагу измерять длину, ширину и толщину каменных плит, высоту стен и колонн, ширину дверей, окон и т. п.

В качестве меры они воспользовались своим естественным орудием труда — рукой. Рабочие движения каменотеса или кладчика сводились к толчкам и ударам, в которых большую роль играла локтевая часть руки. Ею стали пользоваться в качестве измерительной единицы. Однако она не годилась для измерения величин меньших, чем локоть: диаметра бревен, длины и ширины врубок и пазов. Используя в качестве орудия измерения ту же руку, стали применять ширину ладони — «пальму» — и для еще меньших величин ширину пальца. В некоторых случаях употребляли промежуток между концами расставленных большого и указательного пальцев, так называемую пядь. А в качестве более мелкой единицы пользовались шириной большого пальца на уровне основания ногтя.

С течением времени все эти меры стали приравнивать к величине локтя, рассматривая их как части локтя. Так, локоть делили на шесть ладоней, каждую же ладонь, в свою очередь, подразделяли на четыре пальца. Эти соотношения соответствовали действительным пропорциям нормальной мужской руки, и, таким образом, каждый работник являлся обладателем сразу трех измерительных единиц.

Но такие меры оказались неудобными для измерения больших величин: высоты и длины стен. Тогда, продолжая традицию, воспользовались величиной своего роста, вместе с рукой, поднятой кверху, и расстоянием между концами рук, раздвинутых в стороны. Первая мера получила название косой, а вторая маховой сажени. Косая сажень считалась равной расстоянию наискось от пятки левой ноги до конца вытянутых пальцев правой руки. Воспользоваться ростом человека в качестве единицы было вполне естественно при измерении уровня потолка и высоты двери потому, что сама измеряемая величина должна была соответствовать как раз именно человеческому росту. Сажень маховая равнялась размаху руки: расстоянию между концами вытянутых пальцев. Первоначально она служила единицей для измерения ширины дверей в сараях и ворот во всевозможных изгородях.

Наиболее удобным орудием измерения плана сооружений была ступня (воспоминание об ее применении сохранилось до настоящего времени в виде фута).

Но непосредственно локтями и ступнями ног измерять очень большие величины, например стены строений, было не только неудобно, но и невозможно. Тогда воспользовались веревкой. На египетских рисунках, оставшихся от той поры, изображены ремесленники, отмеривающие маховую сажень при помощи куска веревки (рис. 2).

[1] Маркс, Капитал, т. I, стр. 120.

Футовые линейки изготовлялись с большой тщательностью, бережно сохранялись и передавались часто от отца к сыну. Вначале их изготовляли те, кому ими приходилось пользоваться, а в дальнейшем, с развитием ремесла, этим делом стали заниматься специальные мастера.

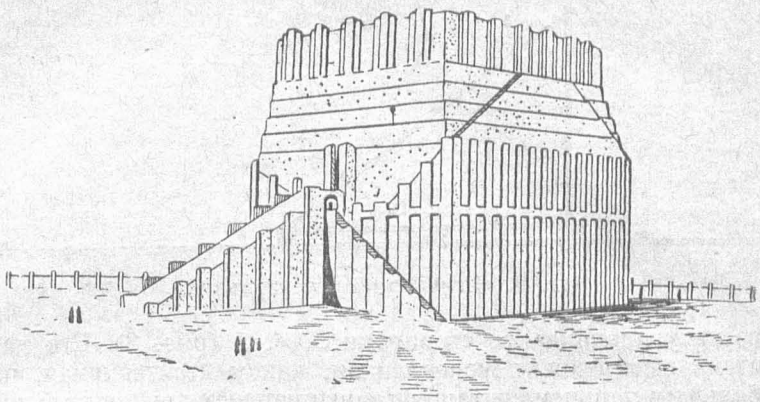


Рис. 6. Реконструкция вавилонской пирамиды (циккурат)

На базе применения в строительном деле этих мер сложилась мысль о воспроизведении в зданиях пропорций человеческого тела. «Итак,— пишет Витрувий, — когда природа таким путем устроила тело человеческое, что каждый оного член имеет с целым некоторую соразмерность, то не без причины древние хотели, чтобы во всех их произведениях таковое отношение частей к целому во всей точности наблюдаемо было...; разделение размеров во всех зданиях взято также с частей тела человеческого, как, например, дюйм, пальма, фут, локоть, и разделения были произведены к совершенному числу, «телион» греками называемому».

В тесной связи с развитием измерений стоит изобретение отвеса и угольника.

Мы указывали уже, что проблема устойчивости была разрешена применением призматических постелистых блоков. Однако при этом встал вопрос о соотношении центра тяжести и площади опоры уже в целом сооружении. При кладке высоких каменных, а тем более кирпичных стен строители на практике убеждались в необходимости возводить стену совершенно отвесно. Иначе она со временем давала трещины и даже совершенно разваливалась.

Какое громадное значение имела проблема устойчивости при сооружении высоких стен, показывает, например, легенда о Вавилонской башне (рис. 6), т. е. вавилонских пирамидах, носивших название «циккурат». Если поискать «земное ядро причудливых религиозных представлений» [1], нашедших отражение в этой легенде, то в ней легко обнаруживаются следы удивления кочевников перед городскими постройками оседлых земледельцев, использования в строительном деле иноземных мастеров (смешение языков) и неумения решить проблему устойчивости. Это последнее обстоятельство заставило пользоваться рядом приспособлений, дававших возможность точно определять вертикальную и горизонтальную плоскость. Такими приспособлениями явились отвес и угольник.

В изобретении обоих этих приспособлений большую роль сыграла веревка, которой пользовались и как средством поднимания тяжестей, и как орудием измерения пространства. Подъем на стену при помощи веревки строительных материалов (рис. 7) создал и понятие отвесной линии и самый прибор для ее определения, бывший простым воспроизведением грузоподъемной веревки. Применение отвеса, который давал прямой угол к горизонту, натолкнуло и на идею угольника. Стремление воспользоваться для построения

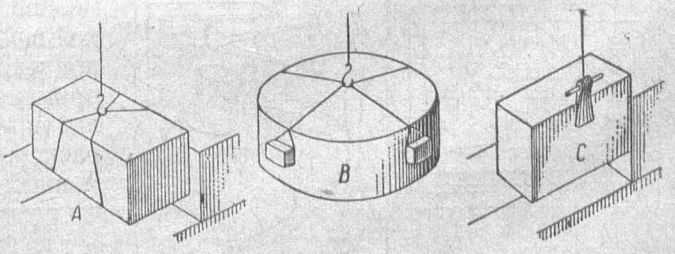


Рис. 7. Римские приспособления для поднимания материалов

[1] «Капитал», т. I, стр. 281.

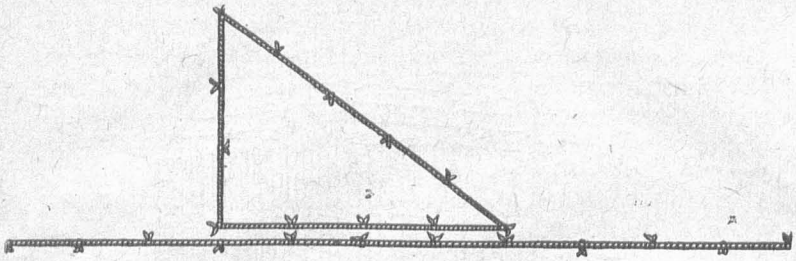


Рис. 8. «Египетский» треугольник

прямого угла той же самой веревкой, которой измеряли длину, ширину и высоту строительных камней, оконные и дверные проемы и определяли отвесное расположение стен, натолкнуло на открытие так называемого «египетского треугольника» со сторонами *3, 4, 5* (рис. 8). Его дала двадцатеричная система счисления, обусловленная, как и десятеричная, пальцевым счетом, когда большим пальцем считали фаланги четырех других пальцев на той же руке.

Практика построения треугольника с помощью разделенной на двадцать частей веревки обнаружила, что из таких треугольников прямоугольным является только один — со сторонами *3, 4, 5*. Когда же была найдена математическая формула прямого угла, его стали воспроизводить в дереве в виде всегда готового к употреблению измерительного инструмента, чего не могла обеспечить веревка, которую требовалось растягивать при каждом измерении.

Как оценивало античное общество роль изобретения отвеса и угольника, видно из мифов о сказочной механике и строителе Дедале. В образе Дедала воплощены успехи строительной техники эпохи перехода от варварства к цивилизации. Ему приписывается изобретение чуть ли не всех инструментов строителя (рис. 9) и в первую голову угольника с отвесом.

О роли отвеса и угольника очень красноречиво говорит римский поэт философ Лукреций:

«Так, при постройке домов: если первые линии кривы, если угольник не прям и от правильных черт отступает, и уклоняется уровень в неких частях хоть немного, то неизбежно окажется здание все криво и косо. Криво, нескладно, изогнуто будет нестройное здание, будто готовясь упасть, и действительно падает часто. Лишь от того, что неправильны первые были начала» [1].

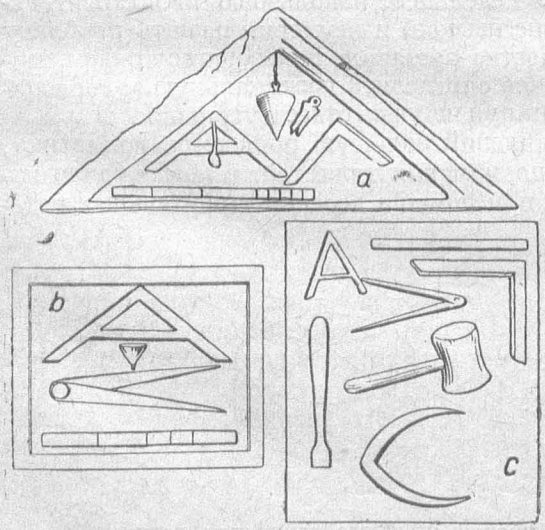


Рис. 9. Орудия римского каменщика

7. Развитие математики

Энгельс подчеркивает, что механика этого периода «нуждается в помощи математики и поэтому способствует ее развитию» [2].

Строительная техника дала дальнейший толчок уже сильно развитой математике.

Изобретение призматической каменной кладки с правильной перевязкой швов и архитравного перекрытия привело к тому, что в конструкции применялись только вертикальные силы, никогда не переходящие в боковой распор. Это придавало античным каменным сооружениям громадную

[1] Лукреций, О природе вещей, изд. Собашниковых, 1913.

[2] Энгельс, Диалектика природы, стр. 39.

прочность, позволившую им простоять тысячи лет. Смещение камней в кладке могло явиться результатом или недостаточной прочности материка, или следствием землетрясений, чрезвычайно частых и в Египте, и в Греции, и в Риме. Средство борьбы с этой опасностью было найдено в виде связей отдельных блоков скобами и пиронами (рис. 10). Египетские строители применяли деревянные скобы в форме ласточкиного хвоста, микенские архитектора заменили непрочное дерево более прочной бронзой, наконец, греческие зодчие заменили бронзу железом. Для укрепления скоб в камне применяли заливку свинцом. Однако эти меры были паллиативом, так как опасность коренилась во внутренней конструкции здания, именно в композиции его колоннады. Являясь значительным массивом, антаблемент и фронтон сильно поднимали центр тяжести портика, вследствие чего здание утрачивало свою устойчивость и при землетрясении колоннады опрокидывались наружу. Еще хуже дело обстояло с постройками из сырцового или примитивного плохо обожженного кирпича. Возводимые из такого кирпича постройки, не подвергаясь боковому распору, нередко разваливались под влиянием собственного веса, в особенности в тех случаях, когда постройкам старались придать гигантские размеры и призматическую форму (рис. 6).

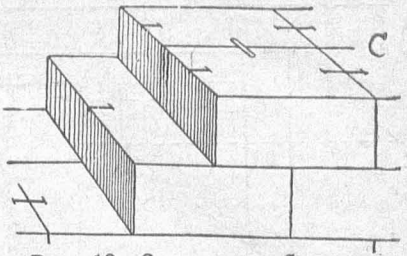


Рис. 10. Связывание блоков скобами

Легенда о Вавилонской башне отражает катастрофы этого рода. В поисках способов преодоления разрушительного действия собственного веса строители, эмпирически, может быть, воспроизводя форму оставшихся руин, пришли к профилю равного сопротивления. К нему приближаются египетские пирамиды (рис. 11), имеющие вполне определенный угол наклона стен — в большинстве 40 или 50°.

Оба эти явления поставили с необыкновенной остротой проблему статики всего сооружения в целом и заставили искать способов предварительного расчета пропорций между шириной и высотой постройки.

Чисто эмпирически найденный и грубо практически применявшийся профиль равного сопротивления обратил внимание строителей на треугольник, который и стали класть в основу профиля сооружения (рис. 12). В Египте для построения этого треугольника пользовались двумя «египетскими» треугольниками со сторонами *3*, *4*, *5*. Их применяли в различных комбинациях: их складывали то большими, то меньшими катетами, или же применяли разнообразные сочетания сторон этих треугольников. На той же основе строили и профили сводов, описывая их из трех центров: из углов, прилежащих основаниям, радиусами, равными длине этого последнего, и из вершины большого треугольника, радиусом, равным разности между основанием и стороной большего треугольника.

Но искания наиболее эффектных решений натолкнули на другие пропорции — это были равносторонний треугольник и гармоническая пропорция, известная также под названием «золотого сечения» (рис. 13). Оба они были открыты и изучены в связи с анализом геометрии окружности, которая привлекла внимание математиков в связи с работой над проблемами астрономии. Деление окружности путем вписывания в нее правильных многоугольников привело к изучению равностороннего треугольника

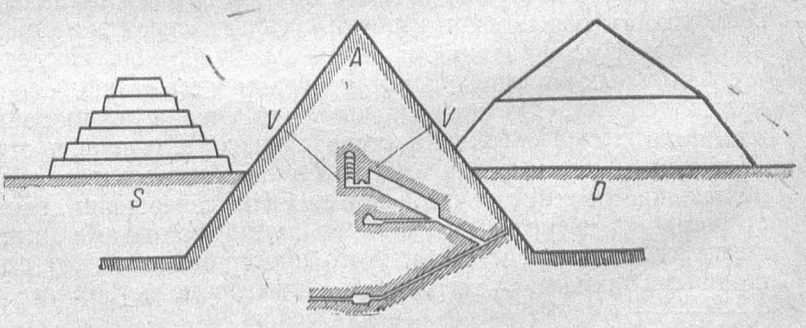


Рис. 11. Египетские пирамиды

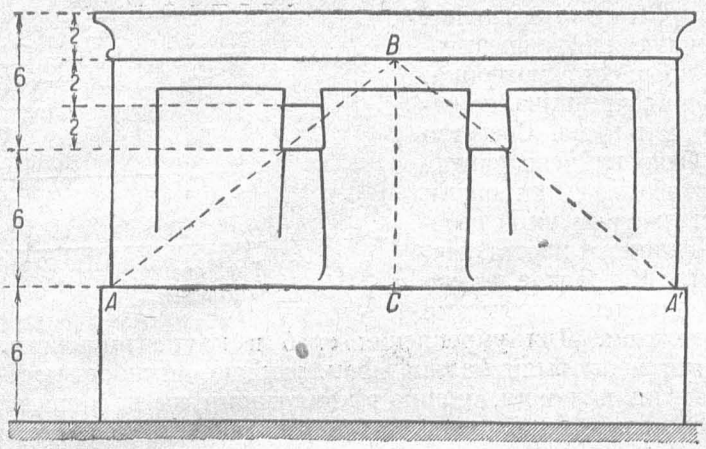


Рис. 12. Профиль фасада египетского храма

и звездчатого пятиугольника — пентаграммы. Равносторонний треугольник был продуктом работы над правильным шестиугольником, который привлекал внимание математиков тем, что его сторона равнялась радиусу описанной окружности, а сам он был геометрической основой шестидесятеричной системы исчисления, разработанной халдейскими астрономами и до сих пор удержавшейся в мерах времени и окружности. Равносторонний треугольник получался в результате соединения через один углов правильного шестиугольника. Тем же путем из правильного выпуклого пятиугольника получалась пентаграмма. Пятиугольник, образуемый сторонами выпуклого пятиугольника и пентаграммы, давал как раз «золотое сечение». То же самое давал треугольник, высота которого определялась делением основания в гармоническом отношении или, как иначе говорили, в крайнем и среднем отношении.

Не меньшее значение имели пропорции отдельных частей сооружения: соотношения длины и высоты архитрава, высоты и толщины колонны, длины колонны и высоты антаблемента, высоты базы и капители. За основу всех этих расчетов были взяты определенные модули, обусловленные конструктивными элементами сооружения. В одних случаях это была длина кирпича или каменного блока, в других — радиус колонны. И всем соотношениям было дано числовое выражение в виде пропорций.

Проблема пропорций имела не только конструктивное значение. Характерное для третьей стадии варварства превращение архитектуры в искусство и разделение уже в эпоху цивилизации общества на классы, превратило архитектуру в колоссальной силы орудие идеологического воздействия, а господствующие классы пользовались им как орудием угнетения. Стремление жрецов и царей оказать возможно большее воздействие на психику населения архитектурой храмов и дворцов толкнуло архитекторов на поиски наиболее красивых пропорций и привело к воспроизведению некоторых пропорций человеческого тела [1], в частности соотношения роста и длины головы, роста и ступни.

Архитектурные расчеты явились стимулом и исходной точкой колоссального развития математического учения о пропорциях. Во время своих путешествий Пифагор познакомился на Востоке с египетским треугольником, который пользовался широким применением у архитекторов и землемеров, так как давал им возможность при помощи веревки с узлами строить прямой угол, бывший основной формой углов зданий и земельных участков. Исследуя соотношение сторон всевозможных прямоугольных треугольников, Пифагор установил свою знаменитую теорему. Он же разработал и учение о пропорциях, так необходимое для архитектуры. Техника строительного дела нашла отражение в работах пифагорейцев еще и в другом отношении. Утверждение, что часть плоскости, расположенная вокруг точки, может быть совершенно заполнена шестью равносторонними треугольниками, четырьмя квадратами или тремя правильными шестиугольниками, и теория, что пространство вокруг точки заполняется правильными телами — тетраэдром, октаэдром, кубом и икосаэдром, — предста-

[1] Витрувий, кн. III, стр. 6.

вляли собой продукт математической обработки данных тогдашней техники строительного дела, в особенности богатый материал в этом отношении давала полигональная кладка.

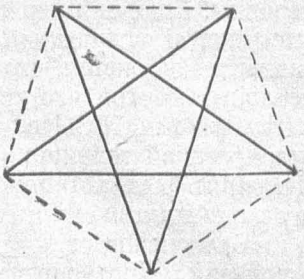


Рис. 13. Звездчатый пятиугольник

Вскоре выяснилось, что с равнобедренным треугольником, катеты которого равны единице, не все обстояло благополучно. Сумма квадратов, построенных на его катетах, равнялась, как и в других треугольниках, квадрату, построенному на гипотенузе. Но сумма соответствовавших катетам квадратных чисел 1 и 1 оказывалась числом не квадратным. Она равнялась 2. Другими словами, это число, как выразились пифагорейцы, не имело стороны и не могло выразить прямой линии в такой простой фигуре, как равнобедренный прямоугольный треугольник.

Таким образом у пифагорейцев сложилось понятие о несоизмеримых иррациональных величинах, отношение которых было невозможно выразить никаким конечным числом — ни целым, ни дробным. А между тем древнегреческая математика никаких других чисел кроме конечных не знала. Для нее число было конечной совокупностью единиц или равных частей единицы. Это обусловливалось общим духом идеологии консервативного рабовладельческого общества. Она была проникнута механическим и статическим пониманием окружающего. Античное сознание рассматривало все вещи изолированно друг от друга и в состоянии — одну без другой, одну после другой.

Еще большую остроту проблема несоизмеримости приобрела в связи с работой над задачей определения площади круга, возникшей под влиянием выведения надстроек, круглых в плане. В Египте такую форму имели, например, житницы.

Работа над этой задачей привела Антифона, математика V столетия до начала современного летоисчисления, к открытию метода истощения. Вписав в окружность квадрат, он построил на его сторонах равнобедренный треугольник и продолжал так до тех пор, пока не получил (рис. 14) многоугольника, стороны которого почти совпадали с окружностью. Таким образом круг как бы истощался. Однако неполное истощение круга заставило его современника Бризона Гераклейского применить кроме вписанного многоугольника еще и описанный и принять площадь круга за среднее арифметическое между этими двумя площадями.

Проблема квадратуры круга вызвала большие споры философского характера, наложившие печать на все развитие математики вплоть до Декарта.

Против методов Антифона и Бризона математики возражали указанием на то, что идея совпадения многоугольника с кругом противоречит представлению, что величины делимы до бесконечности. С математиками в этом вопросе расходились философы. Один из руководителей элейской школы Зенон доказывал, что прямая линия и кривая в конце концов приводятся к одним и тем же неделимым элементам. В доказательство своей идеи Зенон ссылался на то, что в противном случае быстроногий герой гомеровских произведений Ахилл не мог бы догнать черепахи, так как, на какое бы расстояние он ни продвинулся, черепаха все равно за это время тоже продвинулась бы вперед. Он указывал еще и на то, что если правы его противники, то и «летающая стрела находится постоянно в покое, потому что в каждый момент она находится только в одном месте».

Рис. 14. Антифоново решение задачи квадратуры круга

Здесь античные математики подошли к одному из важнейших вопросов философии — вопросу о бесконечности.

Проблемы бесконечного касался и великий философ древности, автор атомистики, Демокрит. Если конус «разрезать плоскостями, — говорит, по утверждению Плутарха, Демокрит, — параллельными основанию, то что следует думать о площадях отрезков: будут ли они равны или

неравны? Если они неравны, то они делают конус негладким, имеющим множество выступов и углублений наподобие лестницы. Если же допустить, что отрезки равны, то окажется, что конус имеет свойство цилиндра, состоя из равных, а не неравных кругов, что крайне нелепо»[1]. Самая эта идея, впоследствии положенная математиками XVII в. в основу анализа бесконечно малых, была подсказана строительной техникой — лестничной кладкой и кладкой напуском. Недаром Демокрит был автором теории свода. Очень возможно, что кладка в известной мере подсказала ему и его философскую концепцию.

«Бесконечность, — пишет Энгельс, — это противоречие, и она полна противоречий. Противоречие заключается уже в том, что бесконечность должна состоять исключительно из конечных величин, а ведь на деле оно так и есть[2]». Уже простое механическое движение в пространстве может происходить лишь так, что тело в один и тот же момент пребывает в одном месте и в то же время в другом»[3].

«Математика, говоря о бесконечно большом и бесконечно малом, вводит количественное различие, принимающее даже вид неустранимой качественной противоположности. Количества, которые так колоссально отличны друг от друга, что между ними прекращается всякое рациональное отношение, всякое сравнение, становятся количествами несоизмеримыми. Обычная несоизмеримость круга и прямой линии является диалектическим качественным различием, но здесь именно количественное различие однородных величин возвышает качественное различие до несоизмеримости»[4].

Для того чтобы понять это, надо было быть диалектиком. Но этого не могли понять греческие математики. Вместо того, чтобы анализировать эти противоречия, они изгнали из своей науки противоречивое понятие о бесконечно малом и бесконечно большом и ввели строгое логическое доказательство даже совершенно очевидных теорем, вроде теоремы о том, что два пересекающиеся круга не могут иметь общего центра. Математическая наука стала развиваться по пути максимальной логической строгости формулировок и доказательств, но в то же самое время по пути метафизической, идеалистической методологии.

Логическая обработка математики была выполнена философом V—IV вв. до начала современного летоисчисления Платоном. Он начал давать тщательные с логической стороны определения, ввел постулаты и аксиомы, которые, не требуя доказательств в силу своей очевидности, являлись логическими посылками для доказательства всех теорем и разрешения всех проблем. Он определил тело, как нечто, имеющее три измерения, точку — как «начало прямой линии», ее границу или как «неделимую линию». Линию Платон определял как границу поверхности, плоскость — как границу тела. Короче говоря, он начал исследовать формы и отношения в их чистом виде и в их рациональной связи между собой.

«Для того же, — пишет Энгельс, — чтобы эти формы и отношения исследовать в чистом виде, необходимо отделить их от их содержания и последнее как безразличное отбросить, тогда мы получаем точки без протяжения, линии без толщины и ширины. Кажущееся выведение одних математических величин из других доказывает не их априористическое происхождение, а только их рациональную связь между собой»[5].

Вот эту-то работу и проделал Платон. А его продолжатели стали рассматривать математические построения независимо от реального мира, откуда они были взяты, рассматривать их как «свободные создания и измышления разума». Здесь проявилось то, о чем, критикуя Дюринга, говорит Энгельс:

---

[1] Кэджорн, История элементарной математики, стр. 329.
[2] «Анти-Дюринг», стр. 45.
[3] Там же, стр. 109.
[4] Там же, стр. 33.
[5] Там же.

«Во всех областях мысли, заимствованные из реального мира, законы на известной ступени развития обособляются от действительного мира и противопоставляются ему как нечто самостоятельное, как приходящие извне законы, которым мир должен подчиняться» [1].

Анализируя дальше связь чистой математики с реальным миром, Энгельс указывает, что «чистая математика была впоследствии приложена к миру, хотя она взята именно из этого мира, и образует лишь часть его составных форм, и только поэтому она вообще находит себе применение».

Греческие математики не только игнорировали такое происхождение математики, но и отрицали необходимость ее практического применения. Пифагору приписывают, будто он гордился тем, что «поставил арифметику выше потребностей торгаша». Платон писал: «Утвердим законом, чтобы упражнялись в науке счисления не для купли и продажи, а входили мыслью в созерцание чисел с целью облегчить душе обращение от вещей преходящих — к истине и вечной сущности» [2]. Для землемерия и военного дела, по его словам, «было бы достаточно небольшой части арифметики и геометрии: их большая и главная часть имеет целью способствовать познанию блаженного вечно сущего». Про Эвклида сообщают, как в ответ на вопрос одного из своих учеников «Что я приобрету, изучая эти вещи?» он позвал своего раба и сказал ему: «Дай ему три обола, — он хочет, чтобы учение приносило ему прибыль».

Такой взгляд был результатом того, что производство держалось на рабском труде, вследствие чего, как говорит Энгельс, «всякая производительная работа считалась рабским трудом, недостойным свободного римлянина (и грека)», и господствовало «презирание производительного труда свободными людьми» [3].

Громадную роль строительное дело сыграло также в постановке и второй великой геометрической задачи древности: задачи удвоения куба.

Постройка храмов, в которых жертвенники делались кубической формы из соображений религиозного характера, поставила перед каменщиками техническую проблему — найти способ удвоения куба [4]. Из кладки кубических алтарей им было известно в грубых чертах соотношение между ребрами данного и удвоенного куба. Это соотношение они применяли для своих практических надобностей. Однако за решение задачи вскоре взялись геометры. Это было обусловлено тем, что они помимо своего сознания и желания являлись по существу теоретиками строительного дела. Конечно, геометры придали задаче отвлеченно математическую постановку и формулировку. Однако их работа по сути свелась к обобщению наблюдений ремесленников. В то время считали возможным решать геометрические задачи только путем построения и притом лишь с помощью циркуля и линейки. Это обстоятельство было обусловлено технической ролью геометрии. Она являлась средством решения вопросов землемерия и архитектуры. Решение же этих технических задач сводилось к построению чертежей, по которым затем уже и выполнялась работа.

Понятие о телах вращения, частным случаем которых является конус, сложилось не в результате досужего созерцания природы. Основу его составила практика ремесленников-гончаров, которые пользовались при изготовлении посуды в качестве станка вращающимся деревянным кругом. Представление же

---

[1] «Анти-Дюринг», стр. 33.

[2] Лоренц, Элементы высшей математики, изд. Сытина, 1903 г., т. I, стр. 129.

[3] Энгельс, Происхождение семьи, изд. 1894 г., стр. 146.

[4] Следы такого именно происхождения этой задачи сохранились в известной легенде о том, что ее поставил дельфийский оракул в ответ на вопрос, каким образом «прогнать чуму». Его совет — удвоить жертвенник в храме Аполлона, пытались выполнить как удвоением ребра куба, так и удвоением высоты куба. На недоуменный вопрос, почему же не прекращается чума, оракул в легенде отвечает — потому что вы не знаете божественной науки — геометрии. Отсюда и самая задача известна под именем делосской или дельфийской.

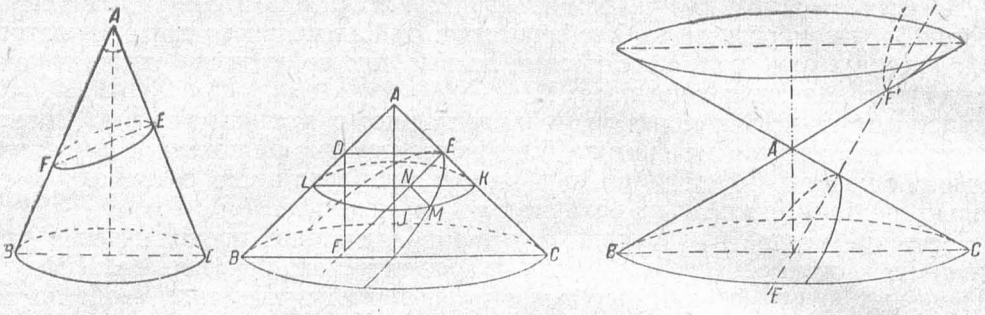


Рис. 15. Конические сечения Менейхма

о конических сечениях возникло в результате отрезывания от конуса сырой глины частей и кусков лишних с технической точки зрения. Гончарный круг широко применялся еще в древней Греции, и это обстоятельство для исканий и достижений греческих геометров сыграло громадную роль. Вырабатывая научные понятия тела вращения, круглого конуса и конических сечений, они бессознательно обобщили техническую практику ремесленников.

Научно первый поставил ее Гиппократ из Хиоса, греческий геометр-педагог V в. до начала современного летоисчисления. Он показал, что для ее решения следует найти первое из двух средних пропорциональных между ребром данного куба и линией вдвое большей длины.

Итак, по причинам, изложенным выше, задачу удвоения куба нужно было решать при помощи построения. А между тем известные тогда геометрические места — прямая и окружность — были бессильны дать требуемое решение. Создалось противоречие. Имелась налицо определенная научная потребность, наличных же средств оказалось недостаточно для ее решения. Вот это противоречие и выдвинуло перед греческими геометрами IV—III вв. теоретическую задачу отыскания и изучения новых геометрических мест.

Конические сечения привлекли внимание геометров, потому что окружность была тоже одной из кривых этого рода. Она получилась при срезывании верхушки конуса по плоскости, параллельной его основанию. Понятие конических сечений было к тому времени уже выработано практикой гончарного дела. Таким образом геометрам оставалось изучить основные свойства этих кривых. Они стали выяснять их, отыскивая соответствия с известными им свойствами окружности.

Первые шаги в этом направлении были сделаны геометром IV в. Менейхмом. Со времени Пифагора математики знали свойства перпендикуляра, опущенного из какой-либо точки окружности на ее диаметр. Он являлся средним пропорциональным между отрезками диаметра. При помощи такого построения греческие геометры решали неполные квадратные уравнения и четырехчленные пропорции. Это и навело Менейхма на поиски подобных же отношений в других конических сечениях. На этом пути он искал способа построить пропорцию Гиппократа.

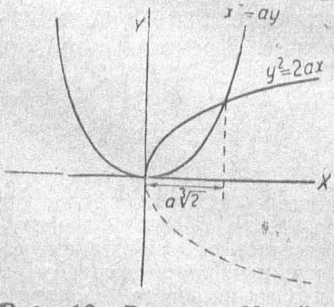


Рис. 16. Решение Менейхмом задачи удвоения куба

Пересекая три вида конуса: прямоугольный, остроугольный и тупоугольный, плоскостью, перпендикулярной к их образующей, Менейхм получил три кривые (рис. 15). Для каждой из этих кривых соотношение элементов, аналогичных диаметру окружностей и опущенному на него перпендикуляру, было различно. Оно было выражено Менейхмом в форме трех теорем.

В сечении прямоугольного конуса это отношение оказалось очень простым. Квадрат, построенный на перпендикуляре, был равновелик прямоугольнику, образованному из отрезков оси симметрии. Для двух других кривых зависимость оказалась гораздо слож-

нее. Там было взято отношение площади квадрата, построенного на перпендикуляре, к площади прямоугольника, образованного двумя отрезками оси. При помощи сечения прямоугольного и тупоугольного конуса Менейхм решил задачу об удвоении куба (рис. 16), которая собственно и толкнула математиков на поиски и изучение новых геометрических мест.

Геометры глубоко заинтересовались свойствами этих кривых и стали изучать их независимо от их практических применений.

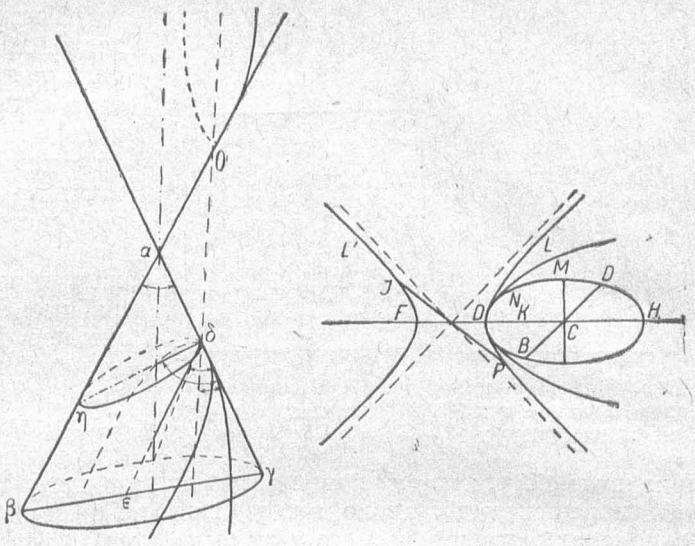


Рис. 17. Построение Аполлония

Постепенно находились все новые и новые свойства. К концу IV в. учение о конических сечениях состояло уже из большого количества положений, не имеющих между собой никакой логической связи. Это обстоятельство сильно затрудняло пользование кривыми как в научно-педагогической, так и в в научно-исследовательской практике. И учащимся и исследователю было трудно запомнить все отдельные, не связанные между собой, их свойства. Отсюда-то и выросло стремление к систематизации всего материала, накопленного в течение десятилетий.

Первым шагом в деле решения этой задачи было составление двух сводов.

Один из сводов был составлен знаменитым геометром-систематизатором III в. Эвклидом. Четыре книги Эвклида о конических сечениях не сохранились до нашего времени, и поэтому их содержание осталось нам неизвестным.

Гораздо более глубоко и последовательно эту задачу систематизации решил ученик Эвклида — геометр III и II вв. Аполлоний из Перги. В своих восьми книгах он изложил учение о конических сечениях с более общей точки зрения, чем его предшественники, и значительно строже в отношении систематичности.

Вместо конуса Аполлоний брал более общий вид конической поверхности (рис. 17). Она была образована движением по окружности конца прямой, середина которой проходила через неподвижную точку. Эта точка лежала вне плоскости данной окружности. На такой конической поверхности Аполлоний получал все три кривые путем простого изменения угла между образующей и секущей плоскостями. Сечение прямоугольного конуса получалось, когда этот угол равнялся углу при вершине конуса. Остроугольное сечение образовывалось, когда первый угол был меньше второго, а тупоугольное в том случае, если он был больше. Таким образом Аполлоний показал, что величина угла при вершине сама по себе не имеет значения. Вид же кривой определяется соотношением общих указанных выше углов.

Конические сечения Аполлоний изучал теми же методами, что и Менейхм. Для всех трех кривых он установил отношение квадрата, построенного на перпендикуляре, который опущен из любой точки сечения на его ось, к прямоугольнику, образованному отрезком оси от основания перпендикуляра до вершины кривой и ее параметром. В первой кривой эти площади оказались равновеликими, поэтому Аполлоний назвал ее параболой, т. е. равенством. Для второго сечения площадь квадрата была меньше площади прямоугольника. Отсюда ей было дано название эллипса, что значит недостаток. Наконец, в последней кривой площадь квадрата являлась большей. Поэтому она была названа гиперболой, т. е. избытком.

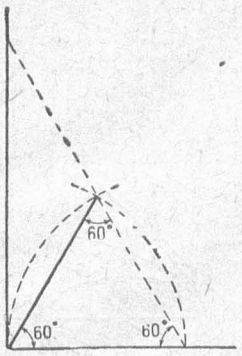


Рис. 18. Пифагорейское решение задачи трисекции угла

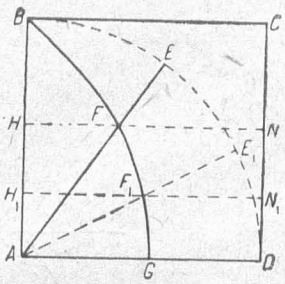


Рис. 19. Квадратрикса

Третья великая геометрическая задача древности — проблема деления угла на три равные части — была связана с градуированием окружности, имевшим огромное значение и для строительного дела. Разделить окружность на градусы по шестидесятеричной системе было совершенно невозможно без умения делить любой угол на три части. Большую роль в разработке этой проблемы сыграло также построение правильных многоугольников, при помощи которых долгое время изучали геометрию круга. С частным решением для прямого угла справились уже пифагорейцы, делившие прямой угол при помощи равностороннего треугольника (рис. 18). Но общее решение доставило затруднение не меньше, чем задача удвоения куба. В поисках решения геометры открыли новые геометрические места. Греческий философ и математик Гиппий из Элиды в V в. до начала современного летоисчисления открыл таким образом квадратриксу (рис. 19), а его младший современник Никомед — конхоиду (рис. 20). Пытались применять для решения этой задачи и конические сечения. Папа Александрийский воспользовался для этой цели гиперболой. Таким образом строительное дело непосредственно и через посредство механики оказало влияние на развитие античной математики.

8. Профиль архитектора

«Архитектура, — пишет Витрувий, — есть такая наука, с которой должно сопряжено быть множество других различных наук и знаний. Архитектор должен знать писать и рисовать, искусен быть в арифметике и в геометрии, знающий также в оптике. Гораздо знать историю и хорошо философию, а сверх того надобно еще ему иметь понятие о музыке, и знать хоть слегка врачебную науку, юриспруденцию и астрономию. Все сии знания архитектору необходимо надобны для следующих причин. Чтобы не позабыть, что ему надобно делать, должен он иметь порядочные записки, и для того знать хорошо писать. Должен знать рисовать, дабы способнее мог по сделанным рисункам... производить в дело здания, которые он предпринимает. Геометрия великую подает ему помощь, а особливо она научит его, как употреблять с пользою линейку и циркуль, как вести строение по прямым и порядочным чертежам и возвышать стены по наугольнику и ватерпасу. Оптика ему покажет, как окошки порядочнее расстановлять и свет строению давать по расположению неба. Арифметика служить ему будет к исчислению денег, потребных на строение зданий, которые он берется делать, и к утверждению мер и пропорций, которые часто находятся лучше по исчислению, нежели по геометрии. История дает ему материю большей части украшений архитектурных, которых должен он знать причину. Та часть философии, которая рассуждает о естественных вещах и по-гречески называется фисиологией, сделает его способным к решению многих задач: что ему весьма нужно во многих случаях, как-то, например,

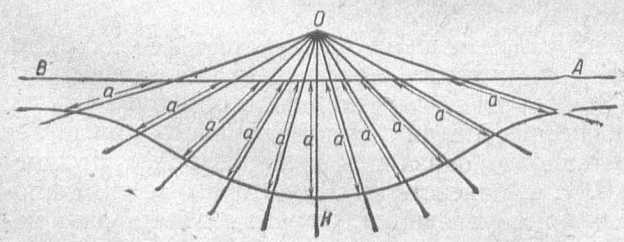


Рис. 20. Конхоида

в провождении вод. Кроме того, архитектору без знания философии никогда не можно будет разуметь того, что написано в книгах Ктезибия, Архимеда и других подобных писателей. Что же касается до музыки, то в ней архитектор должен быть совершенно знающим: ибо без оной не может он знать пропорции канонической и математической в натягивании надлежащим образом орудий военных. Знание музыки нужно еще к пристойному расстановлению сосудов медных, которые становятся под ступенями театральными по математической пропорции и по свойственному им различию звука. Надобно также архитектору иметь понятие о врачебной науке, ежели он хочет знать разные положения мест или стран земных, что греки называют климáта, чтобы по тому спознал он качество воздуха, здоров он или вреден, и какие суть разные свойства вод. Архитектор должен еще знать юриспруденцию или законы и обыкновения разных мест для строения соседственных стен, для расположения стоков и отходных мест, для распространения вида в каждом строении и для стечения воды... Астрология также будет способствовать архитектору к делению солнечных часов помощью того знания, которое она подает ему о востоке, о западе, о юге и о севере, также о равноночиях, о поворотах солнца и обо всем течении звезд.

«Может быть, невеждам покажется непонятно, чтобы разум и память одного человека могли снискать столь многие знания, но ежели они приметят, что все науки имеют сообщение и связь между собою, то уверены будут о сей возможности... И кто учился с молодых лет, тот легко сие узнает из сходственностей, которые ему встречаются между некоторыми общими всем наукам вещами, из коих одна служит к удобнейшему познанию другой»[1].

Каждая эпоха имеет свои ведущие отрасли техники, специалисты которых являются наиболее типичными представителями техники данной эпохи. Эпоху второго великого общественного разделения труда лучше всего представляет архитектор.

[1] Витрувий, кн. I, стр. 43.

Э. КОРЕНЕВСКИЙ

Из истории инструмента

Общие замечания

С развитием техники характер инструмента, место его в технике и роль его в общественном развитии изменяются, а вместе с тем само понятие «инструмент», как и понятие «машина», приобретает различное значение.

В настоящее время мы рассматриваем инструмент как весьма существенный элемент современной машинной техники.

Однако в технической литературе и теперь, как и во времена Маркса, существует большая путаница относительно понятий «машины» и «инструмента», причем эти понятия часто смешивают [1]. Такое смешение понятий так же мало может способствовать правильному техническому и экономическому анализу производства и путей его развития, как и высокомерие древних рабовладельцев, различавших три вида инструментов: instrumentum vocale — орудие, одаренное речью (рабочий), instrumentum semivocale — орудие, одаренное голосом (животное), и instrumentum mutum — немое неодушевленное орудие [2].

Между тем ключ к правильному пониманию машины и инструмента дан марксовым анализом развития машины. Согласно Марксу «всякая вполне развитая машина» состоит из двигательного, передаточного и исполнительного механизмов. Функцией последнего является то, что он «охватывает предмет труда и целесообразно изменяет его» [3], причем он «...совершает своими орудиями те самые операции, которые раньше рабочий совершал подобными же орудиями» [4].

Таким образом инструмент в современной машине является частью исполнительного механизма.

Обобщая данные современной технологии о работе инструмента, мы могли бы сказать, что функция инструмента заключается в том, чтобы, непосредственно

---

[1] В письме к Энгельсу от 28 января 1863 г. Маркс писал: «Существует большой спор о том, чем отличается машина от инструмента. Английские (математические) механики, с их привычкой выражаться грубо, называют tool (инструмент, орудие) простой машиной, а машину сложным инструментом. Однако английские технологи, привыкшие несколько больше считаться с экономикой, различают одно от другого таким образом (следом за ними такого же различия придерживается и большинство английских экономистов), что в одном случае движущая сила исходит от человека, а в другом — от сил природы. Немецкие ослы — они всегда в таких мелочах бывают великими — сделали отсюда вывод, что плуг является машиной, а сложнейшая «Дженни» и т. п., если приводится в движение рукой, — не машина» (Маркс и Энгельс, Письма, изд. 1931 г. Соцэкгиз, стр. 126, перевод, примечания и редакция В. В. Адоратского).

Но и английские технологи не всегда четко различали инструмент от машины, как видно из приводимых Марксом слов A. Sturrocka, главного заведующего машинным отделением greal Northern Railway, который писал в 1867 г: «Под инструментами я разумею машины, употребляемые при машиностроении» (Маркс, Капитал, т. I, изд. 1931 г., стр. 332, прим. 202. Доб. ко 2-му изд.).

[2] Маркс, Капитал, т. I, изд. 1931 г., стр. 134, прим. 17.

[3] Там же стр. 281.,

[4] Там же, стр. 282.

соприкасаясь с предметом труда своими режущими гранями (резца, фреза, сверла, пилы, напильника) — простыми, либо фасонными поверхностями (например в случае штампа) — воздействовать на предмет труда, изменяя его форму, а в случае молота и пресса, прокатных валков, волочильного фильера изменяет также и состояние материала — его внутреннюю структуру и механические свойства [1].

Однако при этом необходимо учесть различия в характере работы машинного инструмента и ручного инструмента. Мы уже указывали, что по Марксу машинный инструмент есть часть исполнительного механизма, претворяющая полезную работу машины в требуемое изменение формы или структуры обрабатываемого предмета. К такому машинному инструменту Маркс относит, например, спицы у чулочновязальной машины, пилы у лесопильной машины, ножи у резальной машины и т. д. [2].

Машина имеет то преимущество и ту особенность, что она освобождает дееспособность орудия «от тех ограничений, которые накладываются на него связью человеческой рабочей силы с личностью рабочего» (Маркс) [3]. «Количество рабочих инструментов, которыми человек может действовать одновременно, ограничено количеством его естественных орудий производства, количеством органов его тела» [4]. Поэтому рабочий не может одновременно работать двумя веретенами или двумя сверлами, не может работать молотом тяжелее определенного веса, например 20—25 фунтов. Напротив, машина не ограничена в такой мере ни количеством инструментов (прядильные машины, современные многошпиндельные, сверлильные, фрезерные станки и т. п.), ни их размерами и весом. Маркс приводит следующие примеры циклопических машинных инструментов: огромный бурав, представляющий собой исполнительный механизм сверлильной машины; орудие строгальной машины, подобное орудию плотника; гигантская бритва и гигантские ножницы, режущие железо; паровой молот, действующий «головкой обыкновенного молотка, но такого веса, что им не мог бы взмахнуть сам Тор» [5].

Естественно, что инструмент, ставший орудием машины, и сам подвергся дальнейшему изменению и развитию и, со своей стороны, повлиял на развитие машины. Но это особая тема. Здесь нам важно прежде всего установить, что, несмотря на свое отличительное положение, как части машины и связанные с этим качественные и количественные особенности, машинный инструмент ведет свое происхождение от ремесленного инструмента.

---

[1] С этим определением сравнить определение инструмента, данное А. Гавриленко: «По отношению к машинам-орудиям инструментами называются те ее части, которые непосредственно прикладываются к обрабатывающемуся изделию, как, например, резцы, сверла, фрезеры, штампы и др.» («Энциклопедический словарь», Гранат, т. XXII, стр. 56—59, статья А. Гавриленко «Инструменты»).

Это определение явно недостаточное, одностороннее.

Таким же является определение, данное в «Технической энциклопедии», рассматривающее иную, но тоже лишь одну сторону вопроса:

«Инструмент, т. е. тело, под непосредственным воздействием которого происходит изменение формы обрабатываемого предмета»... («Техническая энциклопедия», т. IX, стр. 221, «Инструментальное дело»). Сочетание этих двух односторонних определений дает более полное определение инструмента, если учесть в нем также не только задачу изменения формы, но и выполнения в обрабатываемом предмете труда заданных деформаций.

[2] «Капитал», т. I, стр. 281—282.

[3] Там же, стр. 321.

[4] Там же, стр. 282.

[5] Там же, стр. 292. На всякий случай заметим здесь (хотя большинству это будет, вероятно, и без того ясно), что циклопические размеры, возможные только у машинного инструмента и невозможные у ручного инструмента, вовсе не являются обязательной чертой первого. Можно привести в качестве примера небольшой размер резцов токарного станка, многих фрезеров, молотков, бойков в пневматическом и электрических молотках и, наконец, сверл (последние иногда достигают совершенно миниатюрных размеров — 0,15—0,25 *мм*).

Ремесленный инструмент был предшественником и самой рабочей машины и ее современного инструмента [1]. Однако Маркс различает ремесленные инструменты, развившиеся в машину от тех ремесленных инструментов, которые были лишь «прилажены к корпусу машины». Первые из них носили характер либо сложных орудий, как, например, ткацкий станок, прялка, токарный станок, либо представляли собой собрание простых орудий, как молот и наковальня, породившие хвостовой молот, а затем паровой молот Несмита. Вторые, т. е. ремесленные инструменты, «прилаженные к корпусу машины», представляли собою простые орудия: пила, сверло, струг, нож и т. п. В своей ремесленной форме они кроме рабочей части имели лишь рукоятку, колодку или раму. Эту свою ремесленную форму они первоначально сохраняли, уже будучи перенесены в машину [2]. Частично эти «простые орудия» применяются и теперь в качестве ручного инструмента в монтажных работах, в строительстве, в горном деле, в лесообрабатывающей промышленности и т. д.

Таким образом по отношению к эпохе, предшествующей промышленному перевороту, можно говорить об инструментах в двояком смысле. Сам Маркс тщательно проводит различие между простыми и сложными орудиями, применяя для них различные термины, что, однако, смазывается в русском переводе, создавая повод для недоразумений. Кстати, о терминологии Маркса и его переводчиков. В русском переводе «Капитала» простые орудия и машинные инструменты называются то «орудиями», то «инструментами». Между тем Маркс неизменно употребляет для обоих этих понятий один и тот же термин «Werkzeug» (инструмент в современном смысле слова). Там же, где Маркс касается сложных орудий ремесла (как прялка, ткацкий станок, токарный станок), он неизменно употребляет термин «Instrument».

Смешивать в одну кучу те и другие инструменты неправильно и вредно не только потому, что они весьма различались по сложности, но особенно потому, что пути развития тех и других были совершенно различны, так же как и роли их в развитии машины и техники в целом.

История современных инструментов — машинных и ручных — восходит к простым орудиям древнейших времен. Позже, в эпоху расцвета ремесла и затем в эпоху развития мануфактуры, мы находим эти простые орудия либо в виде самостоятельных ручных инструментов (топор, пила, бурав, напильник), либо в собрании простых орудий (молот с наковальней, горны с кузнечными мехами, сверло с дрелью или коловоротом и тисками), либо в сложном орудии (веретено в прялке Юргенса, челнок в ножном ткацком станке, точильный камень в шлифовальной мельнице, резец в токарном станке). Наконец, в современную эпоху мы находим те же простые орудия в более или менее измененном виде в исполнительном механизме рабочих машин, а также еще и в виде ручных инструментов.

---

[1] Маркс говорит о том, что рабочая машина может представлять либо «механическое воспроизведение сложного ремесленного орудия или же комбинацию разнородных простых инструментов, из которых каждый выполняет свою особую функцию» («Капитал», т. I, изд. 1928 г., стр. 286).

В другом месте Маркс говорит:

«Если мы присмотримся ближе к исполнительному механизму, или собственно рабочей машине, то мы в общем и целом увидим в ней, хотя часто и в очень измененной форме, все те же аппараты и орудия, которыми работают ремесленник и мануфактурный рабочий; но это уже орудия не человека, а орудия механизма или механические орудия. Мы увидим, что или вся машина представляет лишь более или менее измененное механическое издание старого ремесленного инструмента, как в случае с механическим ткацким станком, или прилаженные к корпусу рабочей машины действующие органы являются старыми знакомыми, так, как веретена у прядильной машины, спицы у чулочновязальной машины, пилы у лесопильной машины, ножи у резальной машины и т. д.» (Маркс, Капитал, т. I, стр. 281, 282).

[2] Там же, стр. 292:

«Если в машине, применяемой к машиностроению, мы рассмотрим собственно рабочую машину, то мы опять увидим перед собою ремесленный инструмент, только в циклопических размерах».

«Орудие, как мы видели, не вытесняется машиной. Из карликового орудия человеческого организма оно вырастает по размерам и количеству в орудие созданного человеком механизма. Капитал заставляет теперь рабочего работать не ручным орудием, а машиной, которая сама оперирует своими орудиями» [1].

Подходя к истории инструментов под углом зрения современной машинной техники и ее дальнейшего развития, мы будем рассматривать здесь развитие не тех орудий, которые Маркс называет «Instrument» и которые первыми развились в машину, открывая собою эпоху промышленного переворота, а тех, которые он называет «Werkzeug», которые развились или продолжают развиваться в машинный инструмент.

Основные свои черты современные инструменты приобрели еще будучи простыми орудиями, «карликовыми орудиями человеческого организма», и с этой стадии и придется проследить их историю, чтобы понять их дальнейшее развитие.

Некоторые связи и зависимости в развитии инструментов до начала цивилизации

Твердость и вязкость материалов

Не имея возможности подробно осветить здесь доисторический период в развитии инструментов, остановимся на этом вопросе лишь постольку, поскольку это необходимо для освещения некоторых проблем, имеющих методологическое значение.

Историю простых орудий труда следует рассматривать, во-первых, с точки зрения связи между их развитием и развитием общественных формаций и, во-вторых, с точки зрения внутренних связей и зависимостей в техническом развитии самих орудий. Маркс совершенно ясно сформулировал суть материалистического понимания связей между развитием средств труда и развитием общественных формаций. «Такую же важность, как строение останков костей имеет для изучения организации изчезнувших животных видов, останки средств труда имеют для изучения исчезнувших общественно-экономических формаций»,—говорит Маркс и поясняет далее: «Экономические эпохи различаются не тем, что производится, а тем, как производится, какими средствами труда» [2].

Образец марксистского анализа развития техники дал Энгельс в «Происхождении семьи, частной собственности и государства». По Энгельсу начало и конец каждой эпохи общественного развития определяются не появлением или отмиранием какого-либо типа инструментов, а изменением всей структуры средств труда. Так, эпоха варварства возникла уже на основе развитой в эпоху дикости техники шлифованных орудий из камня (неолитов), а также орудий из кости, слоновой кости и рога, орудий с рукояткой. Основным же техническим признаком появления варварства (по Энгельсу) служит возникновение гончарного искусства. Высшая ступень варварства началась с плавки железной руды и ознаменовалась появлением железных орудий [3].

---

[1] Маркс, Капитал, т. I, стр. 293, изд. 1931 г.

[2] Там же стр. 121.

[3] Высшая ступень варварства—это период, в течение которого все культурные народы пережили свое героическое время: время железного меча, но также и железного плуга и топора... Железо создало обработку земли на крупных участках, сделало возможным превращение в пашню широких лесных пространств» (Энгельс, Происхождение семьи, частной собственности и государства, изд. 1932 г., стр. 163—164). «Мы впервые встречаем здесь плуг с железным лемехом, влекомый животными, который сделал возможным земледелие в крупном масштабе, обработку полей и тем самым для тогдашних условий практически неограниченное увеличение жизненных припасов; затем—расчистку леса и обращение его в пашню и луга, что опять-таки было в широких размерах невозможно без железного топора и железной лопаты» (там же, стр. 26).

Но железо и железные орудия — наиболее типическая черта техники цивилизации [1], хотя они и появились до цивилизации. Основной же признак, свидетельствующий по Энгельсу о переходе от варварства к цивилизации, — это появление буквенного письма, характеризующее высокий уровень экономических связей на основе распространения новой, железной техники. Таким образом развитие инструментальной техники предшествует переходу к новой эпохе общественного развития, далеко не всегда являясь отличительным техническим признаком наступления этой новой эпохи.

Если сопоставить периодизацию общественного развития (по Энгельсу) с классификацией эпох по типам орудий, предложенной археологами (французская школа, установившая номенклатуру по месту находки), и по способам изготовления этих орудий (русская школа — проф. Городцов), то получим такую картину.

Низшая ступень дикости. К ней относится эпоха тесаных орудий (Городцов), кремневых колющих и ударных орудий — миндалевидной формы либо удлиненных (шелльские и ашелльские орудия французской школы).

Средняя ступень дикости. Прибавляются вначале сколотые орудия (Городцов) мустьерского типа (французская школа): скребки, буравчики. Затем отжимные орудия (Городцов) ориньякского, мадленского и солютрейского типов (французская школа): кремневые орудия для обработки твердых материалов — скребки большой толщины, резцы с рукояткой, лезвия с зазубринами; кремневые орудия для обработки кости и рога — пила, тонкий бурав, нож и т. д.; костяные орудия и оружие — шило, игла, острия копий, гарпун; появление рукоятки у оружия (копье, гарпун) и у некоторых инструментов; «огневое сверло» для добывания огня путем трения.

Высшая ступень дикости. Донеолитические орудия (Кампинь — французская школа): ручная мельница — зернотерка; топор с рукояткой; топор-мотыга, заостренный с обоих концов.

Эпоха шлифованных орудий (неолит). Наиболее типичны шлифованные топоры, которые в различных странах имели различную форму. Наконечники для стрел.

Низшая ступень варварства относится также к неолиту. Далеко не все инструменты шлифуются, но отделка всех кремневых инструментов становится весьма искусной. Костяные инструменты приобретают законченную форму. Применяются шлифовальные камни и наждак. Лучковое сверло. Деревянная рукоятка применяется к большинству инструментов.

Средняя ступень варварства. Высокое развитие неолитической техники. Начало обработки меди. Появление кремневого напильника.

Бронзовая индустрия: топоры и другие орудия, напоминающие по форме каменные. Бронзовые орудия применяются наряду с каменными топором, ножом, пилой, напильником, пробойником. Появление меча. Молот и наковальня (каменные).

Высшая ступень варварства. Железные орудия (вначале наряду с бронзовыми и каменными) — заступ, топор, меч, плуг, молот и наковальня, напильник, шило, сверло, пила.

Этот перечень дает некоторое представление о том, какой эпохе общественного развития соответствует появление определенных типов инструментов.

---

[1] Под цивилизацией Энгельс понимал общественную систему, основанную на эксплоатации одного класса другим.

«С рабством, достигшим при цивилизации наивысшего развития, произошло первое крупное разделение общества на эксплоатирующий и эксплоатируемый классы. Это разделение продолжало существовать в течение всего периода цивилизации. Рабство представляет собою первую характерную для античного мира форму эксплоатации; за ним следуют: крепостное право в средние века, наемный труд в новейшее время. Таковы три великие формы порабощения, характерные для трех великих эпох цивилизации; открытое, а с недавних пор замаскированное рабство всегда сопровождает ее» (Энгельс, Происхождение семьи, частной собственности и государства, изд. 1932 г., стр. 178).

Он показывает, что основные типы современных инструментов возникли еще до применения железа. Однако с появлением железа эти инструменты становятся неизмеримо более производительными.

При рассмотрении этого периода необходимо отметить следующие факторы, оказавшие могучее влияние на развитие инструментов (и сами находившиеся в сильнейшей зависимости от этого развития). Первый из них — переход к обработке новых материалов, в связи с чем понадобились новые инструменты и новые методы их изготовления. Так, отжимная техника в производстве кремневых орудий развилась в связи с обработкой кости и рога, при которой требовались более тонкая работа и диференцирование инструментов по форме и назначению. Шлифованный топор дал возможность широко применять обработку дерева: рубку, обтесывание бревен и досок для жилищ, изготовление деревянной утвари, лодок (при помощи огня и топора). Вторым фактором, влиявшим на развитие инструментов и, в свою очередь, зависевшим от него, было производство оружия. Диференцирование первобытных орудий на орудия-инструменты и оружие, а затем последнего на оружие для охоты и оружие для войны, создавало сильнейший стимул для развития техники производства этого орудия, а вместе с тем, и техники производства самих изготовляющих его орудий — инструментов. Солютрейская и мадленская индустрии характеризуются появлением кремневых наконечников для дротиков, кинжалов, затем костяных гарпунов и костяных острий для копий. Развитие пилы и бурава, появление полировки (для изделий из кости) также связано с появлением оружия. Наконец, принцип составного орудия, т. е. орудия, состоящего из острия и державки-рукоятки, был применен впервые к оружию (копье) и уже позже к топору. Бронзовый меч и бронзовый боевой топор, а с ними и доспехи, изменившие технику ведения войны, стимулировали развитие техники производства бронзовых изделий — прежде всего производства самой бронзы, затем литейной техники, обработки бронзы ковкой и опиловкой. Молот, пила, напильник приобрели свою форму преимущественно в среднюю ступень варварства — тогда, когда люди научились обрабатывать медь, а затем бронзу.

Производство железных мечей было безусловно первой областью, в которой было обнаружено явление закалки и в которой она совершенствовалась. Известно, какую роль играла и играет в производстве инструментов закалка.

В этом кратком очерке мы хотели бы также проследить с технической стороны историческую смену материалов для инструментов и оружия (камня, бронзы и железа), сыгравшую крупную роль в истории человеческого общества.

Уже при изучении инструментов неолита вскрывается одно из основных технических противоречий в развитии инструментов. Это—противоречие между твердостью и требованиями к вязкости инструмента. Изображенные на рис. 1 скандинавские каменные напильники и пила чрезвычайно тонкой работы, по форме не отличающиеся от более поздних металлических, свидетельствуют о том, что производство в этот период требовало большой точности и совершенства форм от инструментов. Приводимые на нашем рисунке многозубцовые каменные инструменты легко крошились в работе и обрабатывать ими можно было лишь ограниченный круг материалов и изделий, и притом весьма осторожно. Изготовление же этих орудий было чрезвычайно долгим и трудным делом, требо-

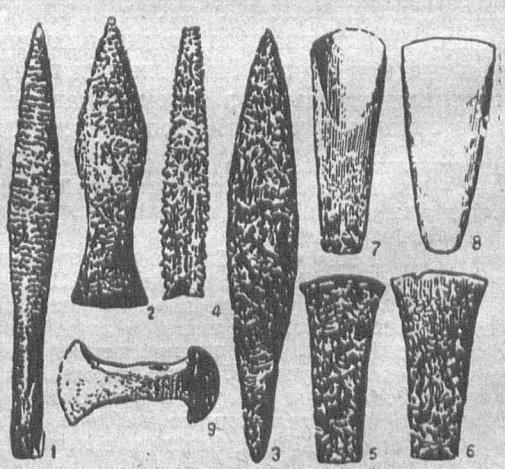


Рис. 1. Скандинавские неолитические инструменты

вавшим большого искусства, так как оно было связано с риском поломки в процессе изготовления, с трудностью выбора исходного материала и т. п.

Шлифованный каменный топор, как ударное, рубящее орудие, был малопроизводителен при выросших потребностях в дереве. Его нельзя было остро наточить и сильно ударить им; он щербился и ломался. То, что было некогда достоинством кремня, — хрупкость, обусловившая его обрабатываемость и способность при нажиме раскалываться, отделяя остроугольные осколки, — это свойство, сделавшее его основным материалом для орудий еще со времени отжимной техники, стало причиной того, что с течением времени тот же кремень оказался уже непригодным материалом.

К этому времени была найдена медь, обладавшая вязкостью и ковкостью (предполагают, что вначале самородная медь обрабатывалась в холодном состоянии путем ковки); она плавилась и легко отливалась в формы. Всеми этими ценными свойствами медь резко отличалась от кремня. Однакоже из меди изготовлялись лишь украшения и утварь, а орудия редко. Самостоятельной роли как материал для изготовления орудий медь не играла вследствие своей мягкости [1]. Зато более твердая бронза (сплав меди с оловом) сыграла значительно большую роль в развитии доисторической техники, чем медь.

Появление бронзы было подготовлено всем предыдущим техническим развитием. Это можно иллюстрировать следующим примером. Одна из основных трудностей литейной техники состояла в изготовлении форм для отливок. В бронзовый период эти формы либо высекались в камне и отшлифовывались (причем изготовлялись две разнимающиеся части одной формы), либо изготовленная из воска модель облеплялась глиной и нагревалась. Воск вытекал из формы через специально оставленное отверстие. Затем в то же отверстие наливали металл. После охлаждения форму разбивали. При первом способе одна форма могла служить для нескольких отливок, но ее изготовление требовало значительно большей затраты труда. Глиняные же формы изготовлялись легче, но могли быть использованы лишь для одной отливки [2]. (Этот способ применялся для изготовления особенно ценных и красивых предметов [3]). Техника обработки камня создала основные навыки для изготовления каменных форм, а в гончарном искусстве был накоплен достаточный опыт для изготовления глиняных форм. При плавке меди применялись глиняные воронкообразные тигли. В таких же тиглях впоследствии стали плавить и бронзу.

Способы получения бронзы в первобытную эпоху нам точно не известны. Получение олова и меди из руд — в настоящее время весьма сложное дело, и многие специалисты поэтому начинают сомневаться в том, что в давнопрошедшие доисторические времена могла осуществляться плавка бронзы из меди и олова. Высказываются также различные предположения о том, как сплавлялись медь и олово: были ли они первично в составе одной руды или их рафинировали отдельно, а затем сплавляли. Заслуживает внимания мнение известного своими археологическими исследованиями Ж. де-Моргана [4], который ука-

---

[1] На шкале Мосс, сравнивающей твердость минералов, кремень стоит на 6,5—7-м месте, а медь — на 3-м месте: она царапается железным гвоздем (см. приведенную ниже таблицу А. Мартенса).

[2] Б. С. Жуков, Первые шахтеры и металлисты (Антропологический им. Д. Н. Анучина институт 1 МГУ, издательство «Знание», 1924 г., стр. 26—27).

[3] Повидимому, изготовлялись еще литейные формы и из смеси песка с глиной, причем заранее приготовляли деревянную болвашку (шаблон) того предмета, который хотели отлить из бронзы. При помощи такого шаблона изготовляли две половинки формы, которые при литье употреблялись так же, как и каменные. Такие формы, повидимому, могли служить лишь один раз, так как их разламывали для извлечения из них отлитого предмета. Но при помощи деревянного шаблона легко было изготовить новую форму. Таким образом этот способ по сравнению с изготовлением каменных форм требовал меньшей затраты труда.

[4] Жак де-Морган, Доисторическое человечество, общий очерк доисторического периода, перевод с французского В. Худадова с предисловием проф. В. А. Городцова, Гиз, 1926 г., стр. 113—115.

зывает, что в доисторическое время пользовались окислами меди и олова, тогда доступными на поверхности, а ныне являющимися редкостью. Эти руды плавили на восстановительном огне в древесном угле. Окислы олова (касситерит) могли встречаться в наносах и добываться путем промывки, как золото (так добывают олово на Малайских островах, в Брангке, Пераке и в других местах). Касситерит всегда находится и в кремнистых породах, которые раскалываются при нагревании.

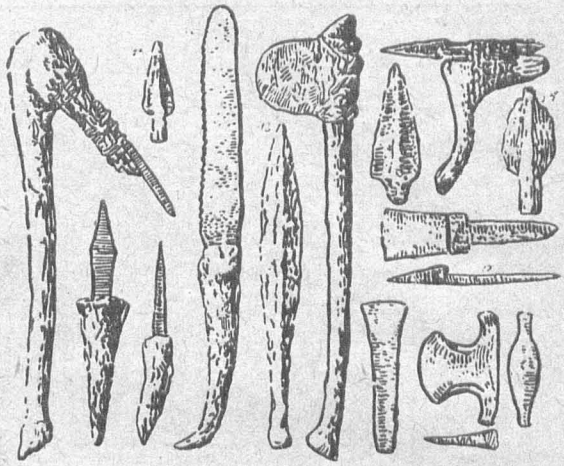


Рис. 2. Бронзовые орудия, сохраняющие способ прикрепления к рукоятке наподобие каменных орудий

Первоначально бронзовые орудия по форме повторяли в значительной мере каменные орудия. Это в равной степени относится и к форме лезвия и к способу соединения его с рукояткой. Лезвия привязывались к рукоятке, либо вставлялись в рог, а затем в рукоятку [1] (рис. 2). Затем бронзовые инструменты стали приобретать самостоятельную форму. Именно в силу того, что новый материал был вязок и структура его отличалась от структуры камня, лезвие топора начинают расширять без опасения, что оно расколется. В боевом топоре лезвие стали загибать с краев назад (секира) (рис. 3). Топор стал отливаться с захватами и с петлями, которыми укреплялось топорище; последнее иногда еще привязывали для крепости.

Постепенно из бронзы начинают изготовлять все орудия, какие ранее изготовлялись из камня, шлифованного камня, кости и т. д. Некоторые виды оружия впервые появляются в период бронзовых орудий (рис. 4): меч, боевой топор, доспехи [2]. Однако бронза была малодоступным металлом; далеко не везде имелись составляющие ее медь и олово. Вот почему бронзовые орудия были невелики по размерам и не имели широкого распространения. «Оружие бронзового века, сделанное по образцу каменных резцов и топоров, а также наконечники стрел и копий поражают нас своими малыми размерами. Обзавестись бронзовым оружием и оборонительными приспособлениями из бронзы могли только знатные воины» [3].

Но не это весьма важное обстоятельство было главным недостатком бронзы. Ее *недостаточная твердость*, или крепость, не давали ей возможности окончательно вытеснить каменные орудия. «...Бронза,—говорит Энгельс,—давала пригодные орудия и оружие, но не могла вытеснить каменные орудия; это могло сделать только железо, а добывать железо еще не научились» [4]. «Оно (железо—*Э. К.*) дало ремесленнику орудия такой твердости и остроты, которым

[1] «Формы египетских орудий таким образом носят особый характер; они, повидимому, происходят от формы орудий из тесаного камня. То же заключение приходится делать для Сирии и для островов восточной части Средиземного моря» (Жак де-Морган, стр. 121—122).

[2] «В наших областях форма первых бронзовых орудий происходит обыкновенно от форм орудий каменных; затем появляется меч, который в последний период бронзовой индустрии становится общеупотребительным, тогда же создается оружие оборонительное: шлем, панцырь, щит, давно уже употреблявшиеся на Востоке» (там же, стр. 127).

[3] Ю. Липперт, История культуры, изд. 1925 г. стр. 106; см. также Кулишер, Лекции по истории экономического быта Западной Европы, стр. 83.

[4] Энгельс, Происхождение семьи, частной собственности и государства, изд. 1932 г., стр. 162.

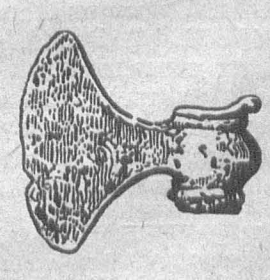


Рис. 3. Боевой топор (бронзовый) с загнутым лезвием (секира)

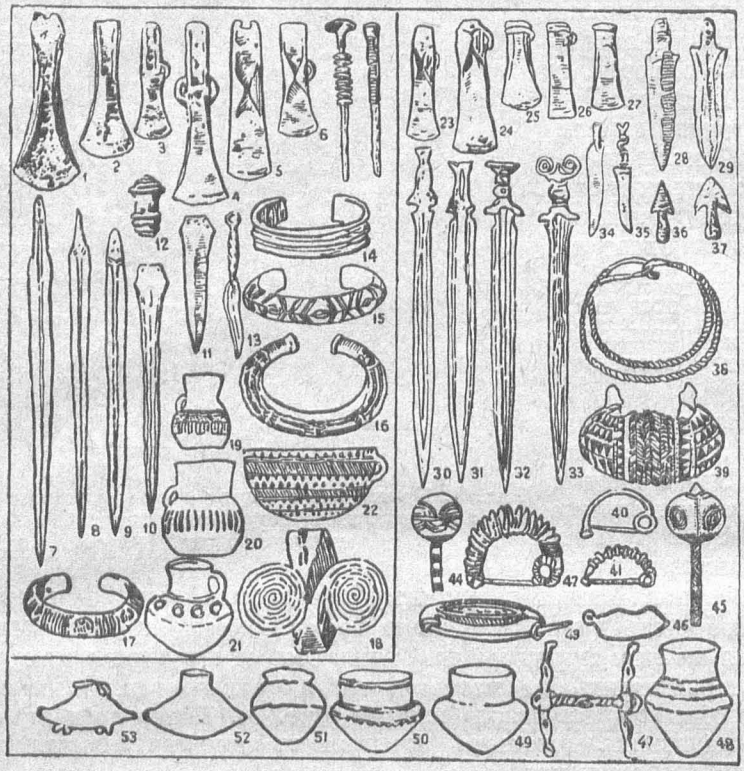


Рис. 4. Бронзовое оружие, инструменты и другие изделия

не мог противостоять ни один камень, ни один из известных тогда металлов. Все это не сразу: первое железо было часто мягче бронзы. Каменное оружие поэтому исчезало лишь медленно; не только в песне о Гильдебранде, но и в сражении при Гастингсе в 1066 г. еще пускаются в ход каменные топоры».

Действительно, наряду с бронзовыми орудиями применялись и каменные, а впоследствии был период, когда существовали рядом каменные, бронзовые и железные орудия. Дело в том, что в зависимости от химического состава сплава твердость и хрупкость как бронзы, так и стали бывают различны.

Для понимания процесса вытеснения одного инструментального материала другим необходимо сопоставить твердость металлов и камней (минералов). Для этой цели воспользуемся весьма интересной работой, проделанной проф. А. Мартенсом [1], избравшим метод испытания твердости царапаньем и сконструировавшим для этого специальный аппарат. На основании полученных результатов им составлена таблица определения твердости металлов. В этой таблице металлы располагаются в той же последовательности, как и на шкале Мооса; преимущество таблицы Мартенса заключается в том, что в ней достигается более мелкая градация при установлении степени твердости. Кроме того, и это для нас в данном случае особенно важно, эта таблица (см. стр. 119) дает возможность сравнить твердость металлов не только между собой, но по шкале Мооса и с неметаллами (камнями).

Из этой таблицы мы видим, что:

1) медь и сорта бронзы, по Моосу [2] находящиеся с ней в одном классе твердости, дают по Мартенсу показатели, различающиеся в два и больше раза (ср. 7, 11, 12, 14). Эти цифры показывают причины преимущества бронзы перед медью как материала для орудий;

2) твердость бронзы весьма капризно меняется с изменением ее химического состава. Это доказывает, что древние металлурги накопили громадный опыт, прежде чем они стали изготовлять из нее пригодные орудия и оружие;

---

[1] А. Мартенс, Испытание строительных материалов, перевод К. П. Шафренко, под редакцией проф. Белелюйского, изд. К. П. Шафренко, СПБ, Путиловский завод, 1910 г., табл. 27.

[2] Там же, стр. 164.

3) начиная с позиции 16 до позиции 20 твердость резко возрастает, по Моосу с 3—4 до 4—5, по Мартенсу с 82,5 до 110. Однако еще металлургам древности было известно, что вместе с твердостью в еще большей степени возрастает хрупкость бронзы, доходя при 30% олова в сплаве до хрупкости стекла (кстати, стекло и стоит тут же на позиции 21). Древние поэтому искали наилучших, оптимальных соотношений.

Таблица определения твердости

№№ по пор.	Название металла	Химический состав Cu : Sn в %	Твердость по Мартенсу	Твердость по Моосу
1	Свинец	—	16,8	1,5
2	Олово	0 : 100	23,4—28,2	2—3
3	Сплав (бронза)	9,7 : 90,3	36,4	2—3
4	» »	11,9 : 88,1	37,8	2—3
5	Медь	100 : 0	34,3—39,8	3
6	Цинк	—	42,6	—
7	Сплав (бронза)	15,2 : 84,8	30,0 и 44,6	2—3
8	» »	21,2 : 78,8	21,8 и 48,7	2—3
9	Латунь	—	44,7—52,8	—
10	Никель	—	55,7	—
11	Сплав (бронза)	35,0 : 65,0	62,5	3—4
12	» »	93,2 : 6,8	67,5	3
13	Сталь мягкая	—	70,8—76,5	—
14	Сплав (бронза)	89,1 : 11,0	78,0	3
15	» »	91,5 : 8,5	81,6	3—4
16	» »	84,3 : 15,7	82,5	3—4
17	» »	48,2 : 51,8	83	4
18	» »	72,9 : 27,1	100,0	4—5
19	Сплав	68,3 : 31,7	102.0	4—5
20	»	61,8 : 38,2	110,0	4—5
21	Стекло	—	135	5—5,5
22	Сталь твердая	—	137,5—141,0	6—6,5

Ледебур приводит состав некоторых древних бронз [1]:

Доисторические бронзовые находки в Европе	Cu	Sn	Ni	P	Fe
Топор из Мейерсдорфа	87,25	13,08	0,38	0,25	—
Печь из Штейера	85,05	14,38	—	0,1	—
Древнеегипетская бронза					
Кинжал	85	14	—	—	1,1
Наконечник для стрелы	76,6	22,2	—	—	—

Мы видим, таким образом, что в своем стремлении к наибольшей твердости древние избирали соотношения, стоящие уже на грани значительной хрупкости. И достигавшаяся при этом твердость (в данном случае для топора и меча) равнялась, как мы видим, всего лишь 3—4 по Моосу, т. е. не выдерживала сравнения с твердостью кремневого топора (твердость кремния—около 7 по Моосу). Преимущество бронзы заключалось, таким образом, лишь в сравнительной ее вязкости, которая, однако, при малейшем увеличении твердости сверх известного предела катастрофически падала. В этом и заключается основная причина того, почему бронза не могла окончательно вытеснить кремневые орудия. Кроме того, нужно учесть и гораздо большую доступность кремня по сравнению с медью и оловом.

[1] Цитировано по Бартельсу, Металлография и термическая обработка металлов, изд. 1932 г., стр. 309.

Положительные же стороны бронзы, ее преимущества перед кремнем заключались в следующем:

1) ее можно было отливать и снова пускать в работу лом — ни один кусочек бронзы не был безнадежно потерян в противоположность сломанным орудиям из лучшего кремня; 2) ее легче было обрабатывать, чем камень; 3) она была более вязка, менее хрупка, чем кремень; поэтому не было того риска поломки изделий при обработке, какой имелся при изготовлении каменного орудия [1]; 4) ее можно было ковать, придавая изделию любую форму и вместе с тем уплотняя ее, что улучшало ее механические качества; 5) наконец, по некоторым данным, древние умели термически обрабатывать бронзу, увеличивая таким путем ее твердость.

Таблица А. Мартенса показывает, что первоначально железо могло быть мягче бронзы. На основе произведенных А. Мартенсом испытаний мягкой стали (к сожалению, в таблице не приводится ее химический состав) она поставлена на 13-ю позицию, т. е. ниже того уровня твердости, к которому относятся приведенные выше бронзовый топор и бронзовый меч.

Нет сомнения, что первобытное железо содержало вначале меньше углерода, чем современная мягкая сталь. Оно содержало, кроме того, шлаки и было поэтому неизмеримо хуже по своим механическим качествам, чем современная мягкая сталь. Вытеснение бронзы и камня из инструментальной и оружейной техники шло параллельно увеличению процента углерода в стали и развитию искусства закалки. Как можно заключить из приведенной выше таблицы, твердая сталь по твердости почти не уступает кремню. Вместе с тем железо и сталь, обладая вязкостью, неизмеримо крепче не только кремня, но и более твердых и крепких камней, как гранит, диорит, сиенит. Сохранившиеся от древности железные орудия настолько подвергались коррозии, что производить над ними механические испытания было бы бессмысленно. Но если мы возьмем наиболее близкие к древним современные сорта железа — с самыми низкими показателями сопротивляемости, — то окажется [2], что сопротивление сжатию у сварочного железа составляет 3 300—4 000 *кг/см²*, а у диорита, сиенита и гранита 800—2 000 *кг/см²*. Разница достаточно велика, и если даже предположить, что в древности сталь могла иметь более низкое сопротивление, чем современное сварочное железо, то все же несомненно, что она могла соперничать по крепости с самым твердым камнем.

В начале высшей ступени варварства еще не умеют приготовлять сталь, и поэтому в кузнечном деле применяются каменный молот и каменная наковальня (это встречается и у современных негритянских племен), но по мере того, как научаются осталивать железо и закалять его, оно приближается по твердости к кремню, одновременно значительно превосходя его по другим механическим качествам. Тогда появляются железные молот, наковальня, топор, плуг, заступ, пила, напильник, шило, затем игла и т. д. (не говоря уже о железном мече).

Таким образом противоречие между твердостью и вязкостью инструментальных материалов предыдущих эпох было на определенной ступени исторического развития преодолено появлением железа. Твердому, но хрупкому кремню была противопоставлена бронза, более вязкая, но менее твердая, и, наконец, им обоим была противопоставлена твердая и вязкая крепкая сталь.

Однако, как мы увидим позже, преодоление этого противоречия оказалось временным. С развитием применения железа как обрабатываемого материала, с универсализацией его применения в технике снова возник конфликт между

---

[1] См. описание изготовления каменных орудий австралийскими дикарями в книге Кунова Г. и Левина-Дорша А., Первобытная техника, стр. 284—285: «Нередко ему приходится отбросить 4, 5, 6 и больше таких камней, пока, наконец, ему не удастся из последнего получить желательную форму».

[2] Г. Дуббель, проф., Справочная книга по машиностроению, т. I, стр. 523—531, изд. 1931 г.

твердостью инструментального материала и его вязкостью. Стремление увеличить твердость инструмента (для обработки незакаленной стали и железа) заставило широко применять и совершенствовать закалку и цементацию. Но это приводило к увеличению хрупкости инструмента. Важное значение вопроса о твердости и хрупкости инструмента нашло свое отражение и в теории. Но на первых порах даже у таких крупных металлургов, как Ледебур, эти два свойства отожествлялись. Ледебур писал в 1894 г. [1]: «Под названием «твердость» следует понимать как сопротивление тела прониканию (например при сверлении), так и хрупкость, выказываемую телом, когда оно напряжено каким-либо образом и вследствие этого подвержено деформации. Таким образом в последнем смысле твердость есть противоположность гибкости». Такое определение смазывает крупнейшую техническую проблему и предполагает невозможным разрешение технического противоречия, стимулировавшего движение вперед техники производства и применения инструментальных материалов до настоящего времени. И совершенно прав поэтому А. Мартенс, возражая против этого определения: «Твердость здесь смешивается с хрупкостью. В употребительном способе выражения хрупкость есть противоположность вязкости. Поэтому вязкое тело не могло бы быть твердым. Между тем, марганцевистую сталь, которая так тверда, что ее нельзя обрабатывать режущими инструментами, можно согнуть петлей, т. е. в очень сильной степени» [2].

Получающие сейчас столь широкое применение легированные стали и новые инструментальные материалы продолжают развиваться по линии увеличения как твердости, так и вязкости. Появились специальные присадки к металлу. Развилось искусство термической обработки, а вместе с ним и производство быстрорежущей стали (процесс Тейлера-Уатта). Однако и она оказалась недостаточно твердой, и не более чем через 12 лет после нее появились твердые сплавы — сначала стеллит Хайнеса, а еще через несколько лет сплав Видиа. Но достигая почти твердости алмаза, твердые сплавы отличаются вместе с тем хрупкостью. Таким образом древнейшее техническое противоречие между твердостью и вязкостью инструмента оказывается действительным и в настоящее время, на этот раз по отношению к таким современнейшим материалам, как твердые сплавы [3].

История напильника

Размеры данного очерка не позволяют остановиться с достаточной подробностью на развитии всех основных инструментов в различные эпохи общественного развития до промышленного переворота. Поэтому мы ограничимся в дальнейшем лишь изложением истории напильника, которая ярко иллюстрирует некоторые из установленных Марксом закономерностей прошлого технического развития инструментов вообще.

Инструменты античной эпохи совершенно сходны с инструментами раннего средневековья. В течение 1000 лет не произошло никаких сколько-нибудь заметных сдвигов в характере простых инструментов труда. Напильник, один из старейших инструментов, может служить в этом отношении типичным примером.

Римский напильник характерен однорядной насечкой (рис. 5 и 6). А из труда Теофилия Пресбитера, относящегося к XI в., мы узнаем, что и в XI в. точно так же знали только однорядную насечку. Перекрестная насечка в то время была еще совершенно неизвестна.

---

[1] «Stahl und Eisen», 1894 г., стр. 479.

[2] Цитированный выше труд А. Мартенса, Испытание строительных материалов, 1910 г.

[3] См. Разинков, Твердые сплавы и их применение, изд. 1931 г. и Каспаров, Советские твердые и сверхтвердые сплавы и способы их применения, изд. 1932 г.

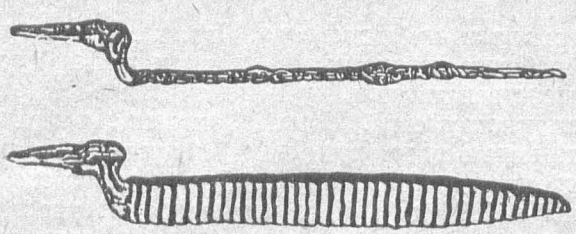


Рис. 5. Римский напильник 300 г. нашей эры

Искусство закалки и цементации было уже высоко развито в античную эпоху и впоследствии было перенято германцами. Насколько высоко стояла техника цементации в средние века, как велик уже тогда был накопленный опыт, можно видеть из описания цементации напильников, приведенного Теофилием (XI в.) [1]:

«Сожгите рог быка в огне и измельчите его, примешайте к этому порошку одну треть соли и сильно сотрите вместе. Затем положите напильник в огонь и, когда он достигнет белого каления, осыпьте его со всех сторон приготовленной смесью. Сильно горящие угли раздувайте со всех сторон, чтобы смесь не ссыпалась, затем быстро выньте напильник из огня, постепенно погрузите его в воду, затем выньте и медленно высушите на огне. Таким образом вся сталь закалится. Тем же способом закаляются малые, четырехгранные, полукруглые, трехгранные тонкие напильники из мягкого железа. Если на них нанесены зарубки молотом или же резцом, или ножом, то смажьте их старым свиным салом и оберните ремешками из сафьяна и свяжите их льняной нитью. Затем покройте их каждый в отдельности размельченной глиной, оставляя концы свободными. Когда глина высохнет, поместите их над огнем. Сильно раздувайте огонь. Кожа сгорит, тогда быстро выньте напильники из глины, постепенно погрузите в воду и высушите над огнем».

Следует отметить, что большие напильники делались из железа, превращенного в сталь, и закалялись без цементации. Малые же напильники делались из мягкого железа и приобретали надлежащую твердость лишь после цементации.

В качестве карбюризаторов тогда служили: мука из костей, уголь из отбросов кожи, рога и костей, животные экскременты. Содержавшиеся в этих веществах углеродоазотистые соединения, приходя в соприкосновение с железом, при высокой температуре распадались и давали соединения с железом (карбиды и нитриды), осаждаясь в его поверхностном слое. Кроме того, применялся еще твердый углерод в виде древесного угля и сажи. Сущность термохимических процессов, происходящих при цементации и закалке, была, разумеется, в то время неизвестна, но применявшиеся средства и самый процесс были нащупаны правильно, что свидетельствует об использовании накопленного многовекового опыта.

Самое производство напильников Теофилий описывает следующим образом: «Напильники делаются из чистой стали, большие и средние, четырехугольные, с тремя ребрами и круглые. Делают еще и другие более толстые посредине, внутри из мягкого железа, снаружи покрытые сталью. Когда они откованы до размеров, которые им хочет придать работник, то они сглаживаются на струге и на них делаются зарубки молотком, заостренным с обеих сторон. Другие насекаются резцом. Такие напильники сглаживают обрабатываемый предмет после того, как он был уже обработан более грубым напильником».

Здесь важно подчеркнуть малое разнообразие напильников в то время. Диференцирование напильников по форме и размерам намечается только сей-

[1] Теофилиус Пресбитер, монах монастыря Гельмерсгаузена близ Падерборна, написал объемистый технический труд «Schedula diversarum artium» («Введение к различным искусствам»), хранящийся в библиотеке в Вольфенбютеле. В этой работе, преимущественно посвященной производству церковной утвари, автор описывает также различные инструменты (молотки, напильники и др.) и касается способов их изготовления. Этот труд Теофилия является одним из немногих сохранившихся литературных источников, откуда мы черпаем сведения о технике раннего средневековья (в частности, инструментальной). Цитаты в тексте приводятся по O. Dick, Die Feile und ihre Entwicklungsgeschichte, 1925 г.

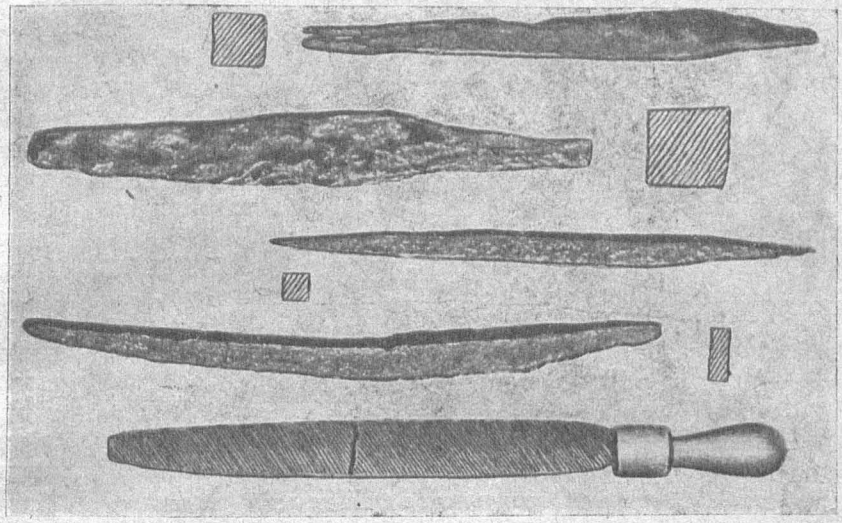


Рис. 6. Римские напильники из Зальбурга (с косой насечкой)

час. В дальнейшем мы покажем, как растет количество различных видов напильника в связи с развитием его применения.

Как известно, в расцвет феодализма «в промышленности в отдельных ремеслах не было совершенно разделения труда, а между ремеслами это разделение было очень незначительно» (Маркс). В течение раннего средневековья (до Теофилия) изготовление напильника было делом каждого ремесленника, либо представляло одно из занятий кузнеца. К концу эпохи феодализма положение несколько изменилось. С развитием ремесел, с ростом металлообработки росло применение напильников, и спрос на них стал настолько велик, что производство их стало занятием специальных ремесленников.

Напильник был первым инструментом, потребовавшим для своего изготовления самостоятельной профессии. Это объясняется сложностью изготовления этого первого многорезцового инструмента для обработки металла: оно включает в себя ковку, опиловку (позже шлифовку), насечку и термохимическую обработку. Насекание зубьев и цементация были специальными, особенными операциями, которые очень характерны именно для производства напильников.

Уже после появления самостоятельного ремесла напилочников и совершенствования их навыков введена была перекрестная насечка напильников путем сочетания обеих насечек: поперечной и косой. Пока напильником обрабатывалось преимущественно мягкое железо, старая форма напильника была терпима, но, по мере того как он стал все чаще применяться для обработки твердой стали, неудобства однорядной насечки стали заметно ощущаться. Зубья напильника были сплошные во всю ширину и встречали слишком большое сопротивление стружки, причем поверхность получалась недостаточно ровная — напильник «заедал». Да и обработка железа и бронзы таким напильником стала заметно тяжелее, когда его приходилось уже брать в руки не от случая к случаю, а по мере специализации ремесел работать им постоянно. Выход был найден во введении поверх основной насечки другой — перекрестной: зуб стал мельче, а стружка дробленой, благодаря чему она оказывала меньшее сопротивление и легче удалялась во время работы.

Рис. 7. Нюрнбергский насекальщик Кунц (ок. 1400 г.)

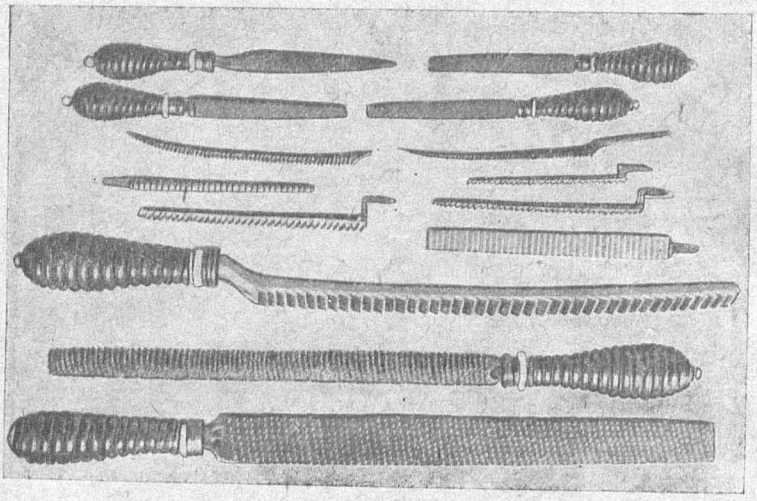


Рис. 8. Коллекция напильников Фельдгауза (1560 г.)

Это, казалось бы, мелкое усовершенствование на самом деле имело большое значение в развитии инструмента, а для развития напильника его следует считать историческим. Оно было сделано не сразу, а подготовлялось чрезвычайно долгое время. Уже в Римскую эпоху были напильники с двумя видами насечки: поперечной и косой (рис. 5 и 6). Однако еще в XI в. мы встречаем исключительно однорядную насечку. Первые точные сведения о перекрестной насечке доходят к нам от гораздо более поздней эпохи (около 1400 г.). Именно к этому времени относится документальное доказательство того, что насекальщик Кунц в Нюрнберге (рис. 7) уже знал верхнюю насечку и сам ее применял [1].

Этот небольшой, но весьма важный этап в развитии напильника является хорошей иллюстрацией к характеристике развития инструмента, данной Марксом:

«Время от времени происходят изменения (в техническом строе производства — *Э. К.*), которые вызываются кроме нового материала труда, доставляемого торговлей, постепенным изменением инструмента труда. Но раз соответственная форма инструмента эмпирически найдена, застывает и рабочий инструмент, как это показывает переход его в течение иногда тысячелетия из рук одного поколения в руки другого» [2].

После изобретения перекрестной насечки, она не скоро еще нашла себе широкое распространение. В собрании напильников Фельдгауза (рис. 8), относящемся к 1560 г., мы еще видим преимущественно напильники с одной поперечной насечкой [3]. Подобный консерватизм в развитии инструмента поддерживался цеховой организацией ремесла, строго следившей за соблюдением установленных традиций [4]. Следующее нововведение, появившееся спустя 100—150 лет после изобретения перекрестной насечки, относится к самой технике насечки. Двусторонне заостренный молот, применявшийся для насечки, был расчленен на зубило и молоток. О. Дик считает, что впервые применил раздельно зубило и молот для насечки напильников Петер Бауэрншмидт около 1534 г. (рис. 9). О. Дик не останавливается на причинах, вызвавших раздельное применение зубила и молота. Есть основания полагать, что это усовершенствование было следствием следующих двух причин:

1) необходимостью более точной работы при перекрестной насечке. Большая точность могла быть скорее достигнута при ударе молотом по заранее установленному зубилу, чем при насекании с размаха заостренным молотом;

2) ножеобразное лезвие молота часто притуплялось, и поэтому возникала необходимость в изготовлении молота из высококачественной стали. Естественно, что легче и выгоднее было изготовлять из лучшей стали зубило, чем весь молоток. К тому же и затачивать зубило было также легче и удобнее, чем молоток.

---

[1] O. Dick, Die Feile und ihre Entwicklungsgeschichte.
[2] Маркс, Капитал, т. I, стр. 377.
[3] Рисунок приведен О. Диском, там же.
[4] «Виды сырья, способы переработки его, применяемые при этом инструменты устанавливались специальными правилами» (Кулишер, Лекции, стр. 105).

Традиция была так сильна, что еще долго, вплоть до начала XIX в., наряду с молотом и зубилом применялся еще зубильный молот. Ниже мы попытаемся выяснить влияние этих двух видов насекального инструмента на развитие конструкции насекальных машин, изобретенных в позднейшие эпохи. Здесь же перейдем непосредственно к мануфактурному периоду, для которого развитие напильника также является чрезвычайно типичным. Процесс развития инструментов (простых орудий труда) по Марксу протекает следующим образом:

Рис. 9. Нюрнбергский насекальщик Петр Бауэрншмидт (1534 г.)

Разделение труда в мануфактуре приводит к узкой специализации каждого частичного рабочего. При этом вначале «орудия одного и того же рода, например, инструменты режущие, сверлящие, толкающие, ударяющие и т. д., употребляются в различных процессах труда и, с другой стороны, в одном и том же процессе труда один и тот же инструмент служит для различных операций». «Но с того момента, когда различные операции данного процесса труда обособились друг от друга, причем каждая частичная операция в руках частичного рабочего приняла возможно более совершенную, а, следовательно, и исключительную форму, — с этого момента возникает необходимость изменений в орудиях, служивших ранее для различных целей» [1].

«Направление этого изменения формы выясняется на опыте, который показывает, какие именно особые трудности представляет пользование орудиями в их неизменившейся форме» [2].

Постепенно (и скачкообразно) изменяющиеся инструменты приобретают прочные формы соответственно своему специальному назначению. «Дифференцирование (разделение на различные виды) рабочих инструментов, благодаря которому инструменты одного и того же рода принимают прочные формы, особые для каждого особого их применения, и их специализация, благодаря которой каждый такой обособленный инструмент в полной мере проявляет свою дееспособность лишь в руках специфического частичного работника, — таковы характерные особенности мануфактуры. В одном Бирмингаме изготовляется до 500 разновидностей молотков, причем не только каждый из них служит для особого производственного процесса, но зачастую данная совокупность разновидностей служит лишь для отдельных операций одного и того же процесса» [3].

Общее направление развития заключается в том, что «мануфактурный период упрощает, улучшает и умножает рабочие инструменты путем приспособления их к исключительным обособленным функциям частичных рабочих» [4]. Далее Маркс говорит о том, что машина представляет собою комбинацию многих простых инструментов, и, следовательно, умножение количества простых инструментов, их специализация и совершенствование создают материальные предпосылки для возникновения машины.

Если для последнего положения напильник не является характерным, так как даже выпиловочный станок создан лишь в недавнее время и до сих пор

[1] Маркс, Капитал, т. I, стр. 256.
[2] Там же.
[3] Там же.
[4] В примечании 31 (на этой же странице) Маркс пишет: «Относительно естественных органов растений и животных Дарвин в своей, сделавшей эпоху работе: «Происхождение видов», говорит: «Причина изменчивости органов в тех случаях, когда один и тот же орган выполняет различные работы, заключается, быть может, в том, что здесь естественный подбор менее тщательно поддерживает или подавляет каждое мелкое

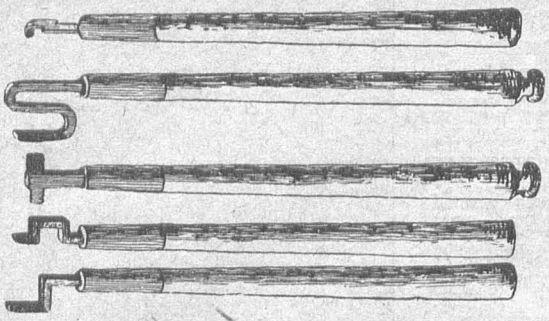


Рис. 10. Коленчатые напильники для колоколов (из французского трактата, посвященного часовому делу, Париж, 1741 г.)

еще не получил широкого распространения, то предыдущие положения о диференциации инструментов целиком применимы к напильникам. В мануфактурный период имело место особенно большое диференцирование видов и форм напильников; попутно развиваются и методы их производства. В технической литературе конца XVII в. мы находим следы номенклатуры напильников. Так, в одних источниках, относящихся к 1782 г. [1], все напильники делятся на шесть видов, признаваемых основными и в настоящее время: круглые, полукруглые, плоские, трехгранные, четырехгранные и ножевые. В другом труде [2], относящемся к 1790 г., к этим шести видам прибавляются еще три специальных вида: птичий язык (карасик), рифлуар (согнутый), проволочный (самый мелкий). При этом указывается, что существует до 12 номеров «обыкновенных» напильников.

Эта диференциация объясняется тем, что напильниками пользовались ремесленники и «частичные рабочие» мануфактуры самых различных производств. В каждой специальности пользовались особыми видами напильника. Приведем длинную выдержку, которая, однако, необходима, так как, являясь подлинным документом эпохи, она убедительно свидетельствует о диференциации напильников в связи со специализацией различных ремесел [3].

«Почти каждое ремесло пользуется особым видом напильника. И золотых, и серебряных дел мастера, например, употребляют крупные, средние и мелкие напильники, лицовки или брусовки, трубчатые напильники, проволочные напильники, согнутый коленчатый напильник (напильник рифлуар) (рис. 10), маленькие круглоострые напильники и пр.; часовые мастера употребляют напильники для колесиков, шлифные (мелкозубные) напильники, лицовки, плоские ручные напильники, напильники для шестерен (трибок), ножовочные напильники, маленькие круглоострые напильники, напильник овального сечения (птичий язык), напильник для концевых осей, ручной напильник для закругления колесных зубцов, ножовку, пилу с круглой насечкой, поверочный напильник, шлифной или личной напильник и пр., и пр. (рис. 11); скульпторы и столяры употребляют рашпили по дереву, а также различного рода трехгранные напильники для точки малых лобзиков и других пильных лент, плоские, остроносые напильники также для точки железа, рашпили (для фигур и рельефных работ); слесаря, кузнецы и почти все ремесленники, работающие со сталью, латунью и железом, имеют разные напильники. Так, например, ружейные мастера пользуются пилой с круглой насечкой, напильником рифлуар и шлифным напильником (лицовка); гребенщики применяют брусовку, большой трехгранный напильник и ручной напильник; ножовщики — лицовку и т. д. Максимальное количество различных напильников находят у кузнецов и слесарей—пилы с круглой насечкой, круглые и овальные на-

---

уклонение формы, чем в тех случаях, когда один орган предназначен лишь для определенной обособленной задачи. Так, например, ножи, предназначенные для того, чтобы резать самые разнообразные вещи, могут в общем сохранять более или менее одинаковую форму; но раз инструмент предназначен для одного какого-либо употребления, он при переходе к другому употреблению должен изменить и свою форму».

[1] O. Dick, Die Feile und ihre Entwicklungsgeschichte, стр. 67. По Дику же приводятся все дальнейшие цитаты из старинной технической литературы, касающейся напильников, стр. 55—76, «Ueberliefertes aus der alten technischen Literatur».

[2] Quanz J. C., Von der Verfertigung der Feilen in Schmalkalden 1790 г.

[3] Dr. Johann Georg Ludolf Blumhof, Enzyklopädie der Eisenhüttenkunde im Jahre 1817 г.

пильники или птичьи языки, треугольные и ножовочные острые напильники, напильники рифлуар или лучковая пила, брусовка или крупный напильник, шлифовой напилок, пластинчатый круглоострый напильник или драчевка, проволочные напильники, рифлуар и т. д.; оружейники употребляют напильник рифлуар; отливщики томпаковых изделий применяют брусовки; для выработки швейных игл пользуются надфилями; для оловянных отливок применяют круглый напильник; для скульптуры — рашпили с напилочной насечкой с одной стороны его».

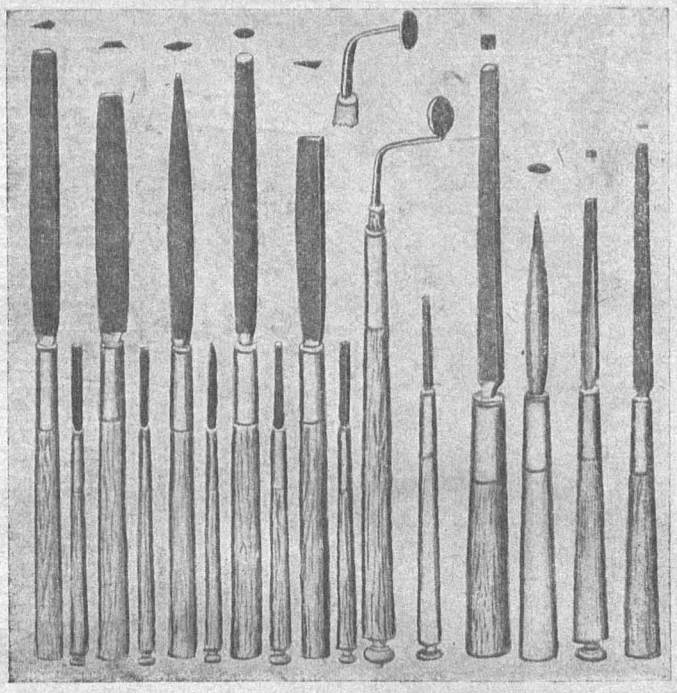


Рис. 11. Напильники, употребляемые часовыми мастерами (1741 г).

Из приведенного перечня мы видим, какой специализации достигли напильники в мануфактурный период, насколько выросло количество их форм, насколько расширилась их номенклатура.

И если в настоящее время номенклатура напильников еще более выросла (в Германии до проведения стандартизации производилось 329 сортов наиболее употребительных напильников, после стандартизации — 112) [1], то нужно заметить, что никаких принципиально новых изменений в форме напильника за эти 150 лет не произошло. Лишь в самые последние годы, буквально на наших глазах, появляются некоторые изменения в форме зуба и в конструкции самого напильника в связи с новой технологией его изготовления (фрезерованные напильники и т. п.).

Что касается производства напильников, то в технической литературе имеется чрезвычайно богатый материал, заключающий в себе описание этого производства в мануфактурный период. К сожалению, в рамках данной работы нет возможности на этом подробно останавливаться.

На рис. 12, относящемся к 1770 г., представлены основные инструменты мастерской для насечки напильников. Технический уровень производства напильников в то время был связан с общим техническим уровнем той или иной страны и, в частности, с развитием ее металлургии. Так, немецкая техническая литература конца XVIII в. полна жалоб на то, что немецкие напильники явно хуже английских, и пытается найти причины этого факта.

Большинство авторов находит следующие преимущества в технике английского производства напильников:

1) английская сталь лучше и потому лучше закаляется (вспомним, что Англия была той страной, в которой часовщик Бенджамен Гентсман изобрел около 1750 г. способ плавить тигельную сталь);

2) английские напилочники точат свои напильники на «шлифовальной мельнице», ибо зубило точнее и лучше насекает на ровной поверхности, чем на ше-

[1] И. Капи З. Паперков, Американские рационализаторы. Очерки и этюды, изд. 2-е., стр. 188—189, «Техника управления», 1931 г.

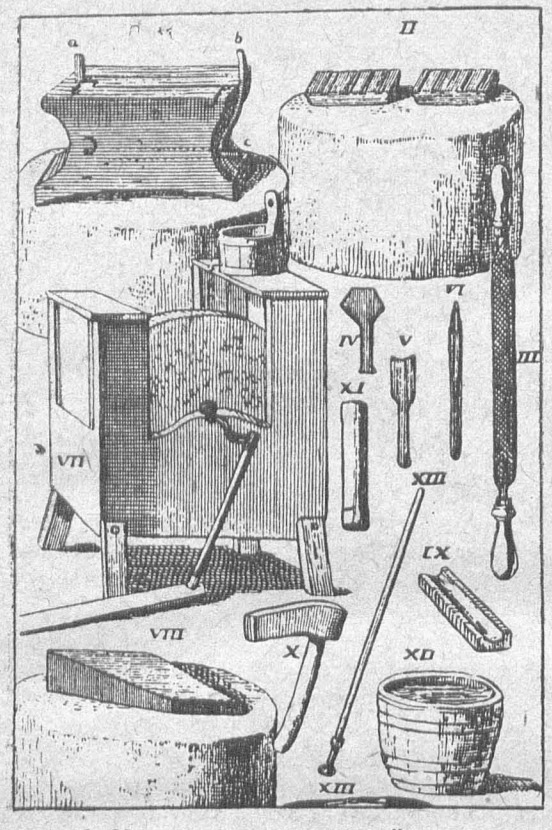


Рис. 12. Инструменты мастерской для насечки напильников (1770 г.)

роховатой. Немецкие же напилочники этого не делают. Исходя из этого, Крюнитц требует, чтобы государство приобрело для насекальщиков «шлифовальную мельницу», которая будет обслуживать также и другие ремесла;

3) английские насекальщики насекают от конца по направлению к хвосту, немецкие — от хвоста к концу.

Большее совершенство насечки у английских напилочников, конечно, было неслучайно. Оно связано было с уровнем общего развития и организации промышленности с развитием мануфактур. В то время как в Берлине было всего пять напилочников (в Штейермарке, Нюрнберге, Золингене было, правда, гораздо больше), в Англии уже имелись развитые напилочные мануфактуры.

«Репутация английских напильников, — пишет Якобсон в своем технологическом словаре в 1781 г., — основана, главным образом, на том, что английский напилочник сначала делал лишь один вид напильника, который ему удалось довести до совершенства. К этому присоединяются еще хорошее качество стали и хорошая закалка».

Из числа чисто технологических усовершенствований в производстве напильников того времени упомянем о применении штампов для отковки напильников. Далее, тогда как в XI в. при Теофилии насечка производилась прямо на поковку, без снятия даже окалины, в XVIII в., как мы видели, напильники тщательно шлифовались перед насечкой. Насечка, правда, производилась еще вручную. Изобретенные для насечки машины не нашли тогда приктического применения (об этом ниже).

Термическая же обработка получила значительное развитие. Еще в 1627 г. Жусс де-ла-Флеш пишет, что после нагрева до вишнево-красного каления связку напильников бросают в сосуд с холодной ключевой или колодезной водой. Другой автор, через 150 лет, отмечает, что нагретые напильники погружают в воду обязательно вертикально. Автор этот М. Ярс из Парижа, который в своей книге «Металлургические путешествия» описывает несколько своих поездок в Англию, предпринятых с научной целью (книга появилась в 1774 г.).

Нововведением, по сравнению с предыдущим периодом, является также применение отжига до насечки. Дело в том, что ранее приходилось насекать железо или мягкую сталь. С появлением более высококачественной твердой стали пришлось ввести после ковки отжиг с целью размягчения стали и устранения вредных напряжений. Можно было бы привести также ряд рецептов закалочных порошков, но здесь на этом останавливаться нет возможности.

Итак, конструкция напильников и методы их производства достигли своего расцвета в мануфактурный период и за весь XIX в. было внесено мало нового в это производство (если не считать насекальной машины). Такого же расцвета достигли в маунфактурый период и другие орудия — инстру-

менты, оставшиеся и впоследствии ручными инструментами. К ним относится, например, комплект слесарных инструментов (рис. 13).

Слесарный инструмент мы встречаем частично у ремесленников самых различных специальностей: у кузнеца, у токаря, у ювелира и т. д., а также в самых различных мануфактурах. От кузнечного, токарного, ювелирного производства и ведет свое начало большинство слесарных инструментов. Наиболее, полное собрание этих инструментов (как и самое ремесло слесаря как таковое) мы встречаем в мануфактурный период в производстве замков.

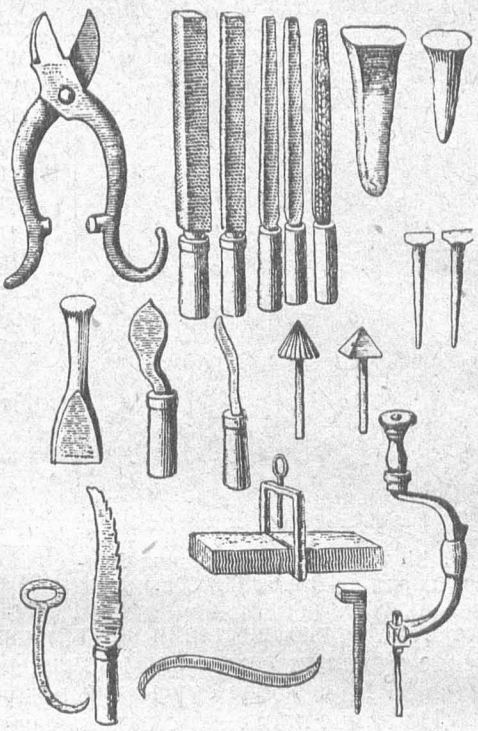


Рис. 13. Инструменты из мастерской Матюрена Жусс де-ла-Флеш (1670 г.)

Развитие ручных инструментов проходит необычайно медленно и притом чисто эмпирическим путем, который метко охарактеризован Марксом (см. выше). В то время как развитие той группы инструментов, которая вошла в машину как органическая часть ее исполнительного механизма, пошло быстрее, другая часть инструментов, оставшихся и поныне ручными, почти не изменилась. Особенно быстро развивается форма инструментов в современную эпоху, когда производятся систематические научные исследования процесса резания и работы отдельных видов инструмента. В этом отношении интересны работы Тейлора, Джильберта и др., доказавшие, что часто небольшое изменение привычной формы инструмента (например лопаты) способно значительно повысить производительность труда.

Все это говорит о необходимости научного исследования ручных инструментов, еще применяемых в современной практике. При этом необходимо использовать имеющиеся достижения в развитии машинных инструментов. К сожалению, наши институты мало работают над простыми ручными инструментами. А насколько актуальна в настоящее время эта проблема, видно хотя бы из того, что вопрос о рациональной форме топора и пилы был поднят на XVII парт-конференции.

Из истории насекальной машины

Перейдем к чрезвычайно интересному вопросу об изобретении насекальной машины для производства напильников. Необходимо остановиться на первых проектах этой машины, которую так желал приобрести Крюнитц (вместе с шлифовальной мельницей) для немецких напилочников.

История этой машины восходит к 1503 г. и к имени автора первого ее проекта — Леонардо да-Винчи (рис. 14). Второй проект насекальной машины относится к 1627 г. и принадлежит искусному французскому слесарю Матюрену Жусс де-ла-Флеш (рис. 15), автору технического труда: «La fidèle ouverture de l'Art du serrurier», изданного в том же 1627 г.

Весьма показательно, что исходным пунктом в создании обеих конструкций этих машин была форма соответствующего ремесленного инструмента. Различный характер этих инструментов, сложившийся ко времени изобретения той и другой машины, определяет и различие их конструкции. Леонардо да-Винчи проектировал свою машину в период применения заостренного молотка. Его он и положил в основу своей конструкции. Матюрен Жусс де-ла-Флеш, взя-

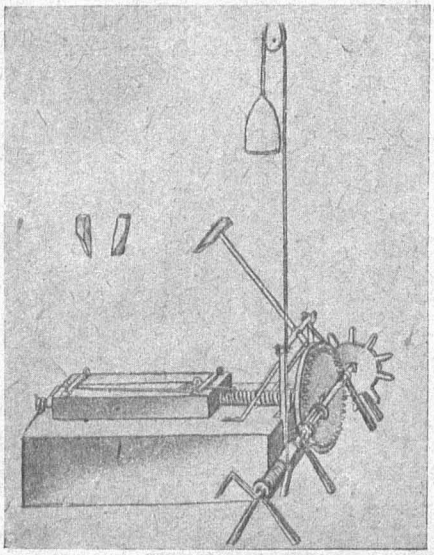


Рис. 14. Насекальная машина Леонардо да-Винчи (1503 г.)

вшись через 124 года за конструирование такой же машины, исходил из применявшихся уже в то время раздельно зубила и молота (см. выше). Воспроизведение в его машине удара молотом по зубилу и насекание передвигающегося напильника составляло основную идею его конструкции. Обе эти машины (или, вернее, оба проекта) могут служить яркой иллюстрацией положения, установленного Марксом, что в эпоху появления машин эти последние имели своей отправной точкой не самый труд, не просто узкую операцию, а средство труда.

Леонардо да-Винчи представлял себе работу своей машины следующим образом:

«Корпус напильника укрепляется двумя натяжными приспособлениями на салазках, служащих наковальней. Через эти салазки проходит ходовой винт (винтовой стержень), который движет их равномерно вперед; в конце этого винта укреплено большое зубчатое колесо. Это зубчатое колесо приводится в движение с помощью шестерни на приводном валу; последний приводится в движение тяжелым грузом, укрепленным на ремне, перекинутом через шкив на потолке. Груз после опускания поднимается снова кверху кривошипом.

На конце приводного вала насажено малое зубчатое колесо из десяти частей, которое при каждом обороте на одну десятую опускает на напильник длинный стержневой, зубилообразный, заточенный и закаленный стальной молот, который наносит насечки на напильник; одновременно, при дальнейшем вращении приводного вала, салазки, на которых укреплен напильник, медленно продвигаются вперед, так что равномерно наносится одна насечка задругой».

Леонардо да-Винчи предполагал сначала пустить машину путем двигательной силы; в его проекте имеется даже приспособление для пуска машины в ход с помощью гидравлической силы. Не удалось установить, была ли эта машина практически выполнена и применена; последнее, впрочем, мало вероятно, ибо в последующие десятилетия ничего не говорится об ее использовании. Конструкция ее весьма поучительна и может вполне конкурировать с французскими и швейцарскими машинами для насекания пил, сконструированными в XIX в.; она является еще одним блестящим подтверждением твореского гения Леонардо да-Винчи. Эскизы этой машины тщательно выполнены во всех частях.

Жусс де-ла-Флеш, в противоположность Леонардо да-Винчи, ведет напильник по неподвижной наковальне и применяет уже вместо зубилообразного заточенного молота отдельно зубило и молот, т. е. он опускает удары молота на зубило, вставленное в пружинящий держатель. После каждой насечки напильник продвигается дальше на расстояние насечки с помощью пружинящего рычага, зубчатого колеса и зубчатой рейки. Задерживающие пружины препятствуют обратному движению напильника.

Удар молота (рис. 15) производится вращающимися кулаками *T*, которые давят на пружинящую полосу, прикрепленную ко дну ящика; к концу ее прикреплена петля, которая охватывает конец стержня молота в *S*. Вследствие этого молот, который держится подвешенным в подшипниках *o* и *p*, поднимается и под действием своей тяжести падает, как только кулак отходит от пружины. Этот удар, однако, недостаточен для насечки, он усиливается второй пружинящей полосой, которая действует через другую петлю на молот в точке *V*; таким образом молот ударяет с большой силой на зубило Z, которое должно нанести насечку на напильник. Весь механизм приводится в движение ру-

кояткой (кривошипом) *B* сбоку ящика. Вслед за проектами Леонардо да-Винчи и Матюрена Жусс де-да-Флеш стали появляться и другие проекты машины для насекания (рис. 16). С течением времени число их все возрастало. Все проекты этого рода, относящиеся к периоду до 1851 г., могут быть разбиты на два типа, смотря по тому, лежит ли в основе их заостренный молот, или раздельно молоток и зубило. Но ни те, ни другие машины не нашли широкого применения (иные из них даже не были построены).

Хотя предлагавшиеся схемы насекальной машины были довольно просты, но на практике машина оказывалась недостаточно устойчивой для того, чтобы «выдерживать вызываемое ударом молота непрерывное сотрясение без вреда для точности». Не следует забывать, что в течение долгого времени машины изготовлялись преимущественно из дерева. В XVI в., например, все части машин, за исключением некоторых пружин, делались в большинстве случаев из дерева, как это можно видеть, например, у Г. Агриколы «De Re Metallica» (1556 г.).

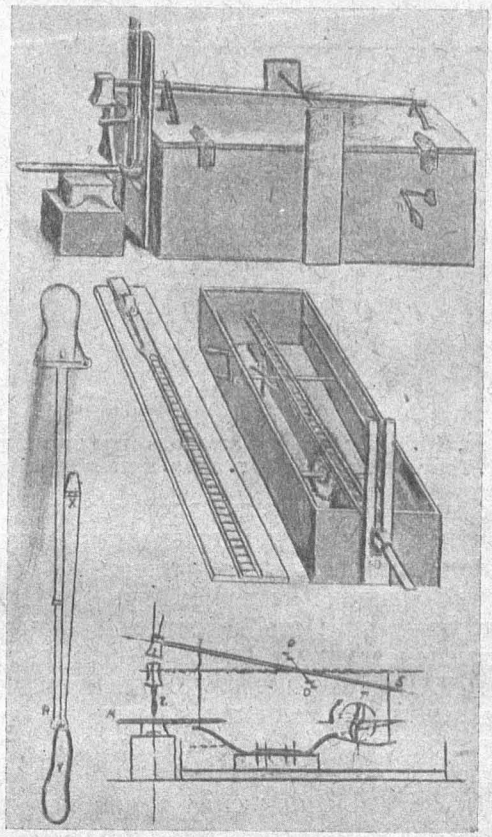


Рис. 15. Насекальная машина Жусс де-ля-Флеш (1627 г.)

К изготовлению литых станин и частей машин из чугуна приступают лишь в конце XVIII и в начале XIX вв. после того, как переход к выплавке чугуна на каменном угле вместо древесного позволил получить в больших количествах дешевый литейный чугун.

Другой причиной того, что насекальные машины не прививались на практике, была неоднородность стали, применявшейся для напильников. Эта неоднородность проистекала из самого способа изготовления стали, которая содержала включения шлаков. При таких условиях от насекальщика требовалось умение гибко приспосабливаться к материалу в каждом отдельном случае. Для достижения одинаковой глубины насечек удар по зубилу должен был быть при более мягком материале слабее, при более твердом сильнее. Точно так же на утолщенной части удары должны быть сильнее, чем у конца. При неизменной силе удара молота такая гибкость невозможна. Лишь после появления бессемеровского и мартеновского процессов стало возможным получение стали с более однородными механическими качествами.

Наконец, полная однородность насечки и регулирование силы удара на широкой части напильника и на узком конце его стали возможными лишь в результате развития кинематики механизмов и увеличения опыта в машиностроении, в результате совершенствования насекальных машинных зубильев и способов их заточки и тому подобных условий, появившихся лишь в конце XIX в. До того же, а особенно в XVI—XVIII вв., ручная насечка, естественно, была значительно производительнее и точнее машинной.

Всем сказанным объясняется тот факт, что насекальная машина не привилась в эпоху мануфактуры, хотя самый характер операции насечки таков, что она должна была в числе первых подвергнуться механизации. Чрезвычайно интересны критические замечания по поводу напилочных машин, приводимые Прехтлем в его пятом томе «Технологической энциклопедии» (1834 г.).

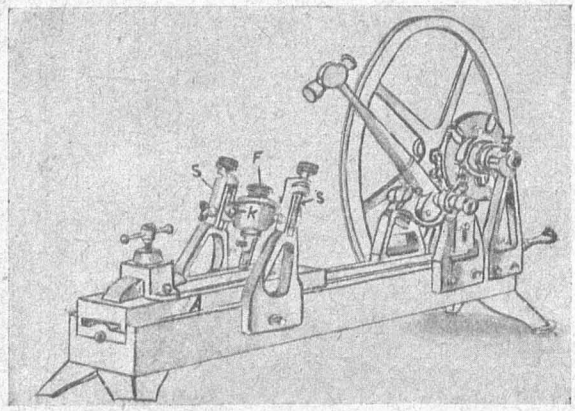


Рис. 16. Насекальная машина, предложенная Е. Свит из Афин в 1831 г. амер. патент № 461720.

«Были сделаны многочисленные попытки насекать напильники с помощью машин. Эта работа в основе столь проста, что нетрудно придумать для нее машину, выполняющую основные требования. Когда напильник укреплен на соответствующем подставе и зубило пристроено над ним в соответствующем положении, то при помощи молота, падающего с определенной высоты, наносится удар; затем, в то время как молоток снова поднимается и зубило пружиной немного прижимается вверх, напильник продвигается настолько, сколько того требует предполагаемое между отдельными врезами расстояние. Проведение всех этих движений в регулярной последовательности чрезвычайно просто. Трудности возникают при выполнении деталей, а именно:

«1. Машина не может быть совершенно простой ввиду наличия разнообразных движений; это делает ее малоприспособленной к тому, чтобы выдержать вызываемое ударами молота непрерывное сотрясение без вреда для точности.

«2. При заточке иступившегося или зазубрившегося зубила легко случается, что резцы получают несколько иное положение. Если во время насечки приходится затачивать зубило, то место, где снова начинается насекание, неизбежно остается заметным.

«3. Неизменная сила удара молота, которую при поверхностном осмотре принимают за преимущество машины, далеко не является таковой. У стали встречаются места различной твердости, которые вызывают неравномерное проникновение зубила, которой придается определенное положение в отношении каждой поверхности, следовательно, глубже проникает в более выступающие места.

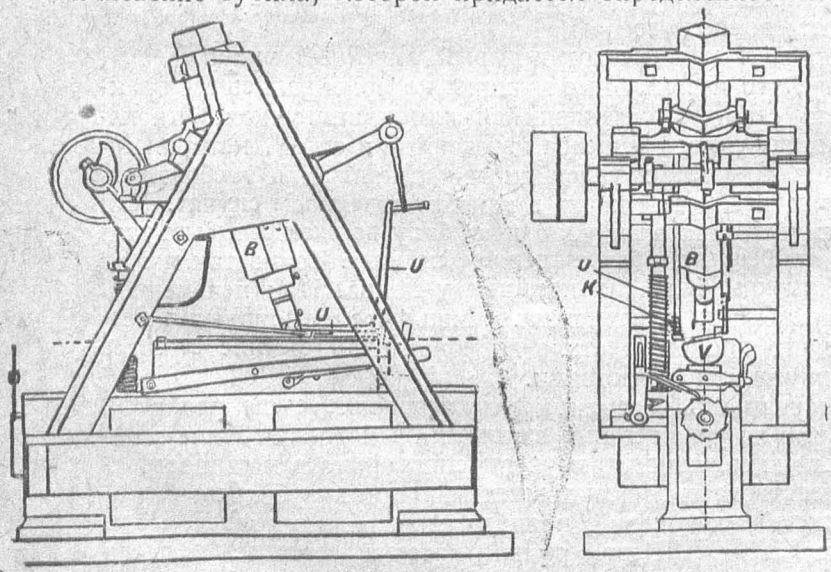


Рис. 17. Американская насекальная машина «Крум», 1851 г.

«Наконец, заостренные напильники требуют на узком конце более слабых ударов молота — если зубило не должно делать здесь более глубокие врезы, чем на широкой части. Эти и еще другие обстоятельства сильно затрудняют выполнение машины для насечки напильников; однако все это не непреодолимые препятствия, даже, напротив, совершенно несомненно можно насекать хорошие напильники машиной. Лучшие из проделанных опытов разбивались до сих пор об экономическую невыгодность. Один рабочий, необходимый для обслуживания машины, мог в большинстве случаев столь же быстро изготовить напильник вручную; изготовление же сразу

нескольких напильников на одной машине едва ли возможно. Так объясняется причина неприменения на большом предприятии машины для насечки напильников, за исключением приготовления мельчайших напильников для часовщиков в Англии и Швейцарии. Рентабельное использование машины особенно вероятно при производстве малых и тонких напильников».

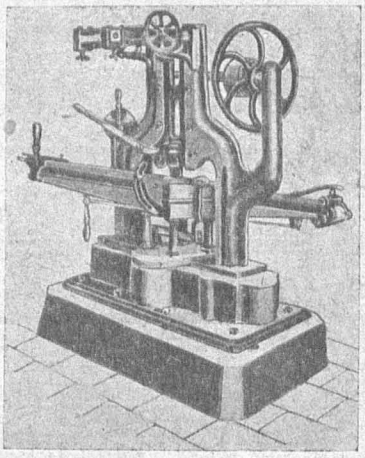


Рис. 18. Французская насекальная машина «Берно», 1862 г.

В дальнейшем развитии насекальная машина подобно ряду других машин «...порывает со своим ремесленным образцом, первоначально всецело определявшим ее конструкцию, и приобретает свободную форму, определяемую исключительно ее механической задачей...»[1].

Американец Ж. Крум получил в июне 1851 г. в Вашингтоне патент за № 8199 на машину для насечки напильников с своеобразной конструкцией станины (рис. 17). Существенное и замечательное нововведение здесь заключалось в том, что Крум первый отказался от подражания ручной работе и применил бабу молота *B*, которая находится на двух подшипниках. По всем данным Крум — первый конструктор машины для насечки, который изобрел бабу молота, получившую в настоящее время исключительное применение. Машина была также оборудована подвижной кареткой, на которой помещался напильник, и шаблоном, осуществляющим автоматическую регулировку силы удара на острие напильника.

Рис. 18 изображает усовершенствованную конструкцию машины Берно в том виде, в каком она была выставлена в Лондоне в 1862 г. Патент на нее был введен раньше, в 1854 г. Это была первая машина, действительно годная к употреблению для насечки больших и средних напильников.

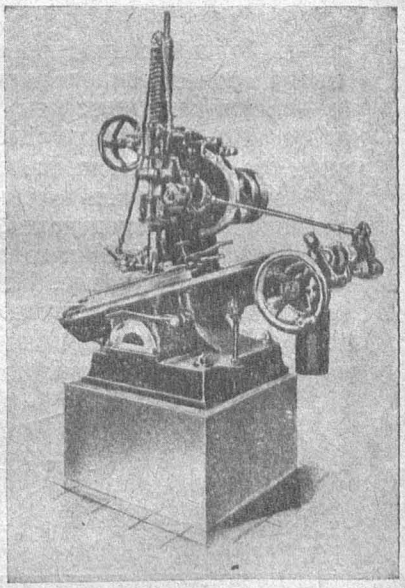


Рис. 19. Насекальная машина «Беше», 1895 г.

Основное различие между всеми описанными машинами первой группы (подражающими ручной работе) и второй группы, к которой относятся машины Крума и Берно, состоит в том, что в этих последних держатель зубила был соединен с падающим грузом (бабой молота). При падении этот груз производил на корпусе напильника насечку. Удар мог быть усилен с помощью пружины. Кроме того, Берно ввел движущуюся в обе стороны тяжелую станину с салазками и патрон в качестве опоры напильника. Этими машинами долгое время пользовались для насечки напильников, но со временем все больше выявлялась необходимость в лучших машинах более высокой производительности.

Введение производительных насекательных машин в напильное производство было связано с ожесточенной классовой борьбой в этой отрасли промышленности. В напилочных мануфактурах, где до середины XIX в. сохранились ручные способы насечки, капиталисты лишь тогда решили перейти к фабричным методам производства, введя насекальные машины, когда им понадобился контрудар против рабочих, организовавшихся для борьбы за свои интересы. Введение насекальных машин вы-

[1] К. Маркс, Капитал т. I, стр. 290.

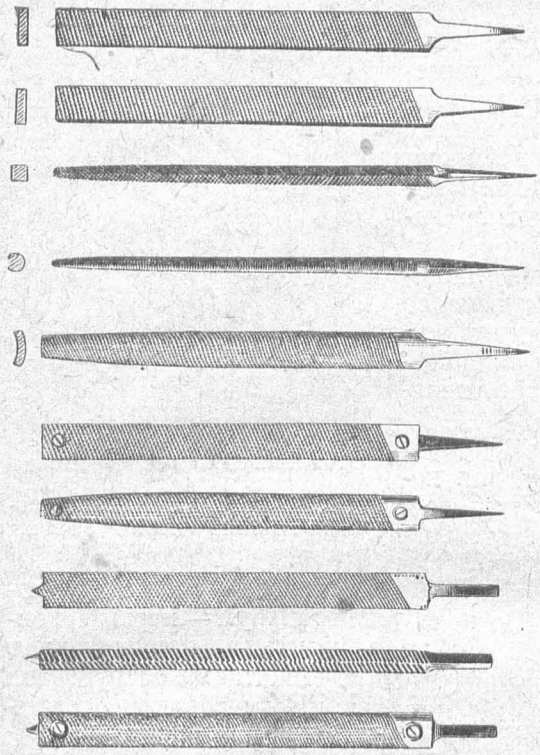


Рис. 20. Фрезерованные напильники

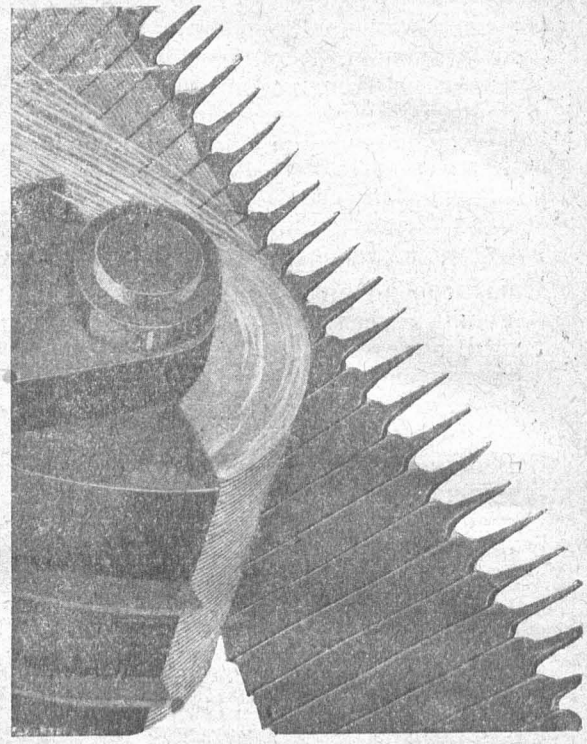


Рис. 21. Вышлифованные насечки напильников профильным кругом по методу фирмы Линднер

брасывало из производства сотни рабочих. И здесь подобно тому, что имело место на заре промышленного переворота, происходили бунты рабочих против машины.—«В старомодных мануфактурах, — писал Маркс,—еще и в настоящее время иногда повторяются грубые формы возмущения рабочих против машины. Так, например, в напилочном производстве Шеффильда в 1865 г.» [1].

Чтобы закончить очерк, скажем несколько слов о дальнейшем развитии напилочного производства. Насекальная машина современной конструкции появилась лишь в 90-х годах прошлого столетия (рис. 19) и продолжала совершенствоваться и далее. Изготовление напильников сейчас окончательно стало фабричным производством. Конструкция же напильника, как мы уже указывали, никаким особым изменениям не подвергалась, этот ручной инструмент упорно сохранял до сих пор свою форму, установившуюся в течение столетий. Но в настоящее время напильник и его производство стоят перед перспективой полного технического переворота, связанного с современным развитием технологии металлообработки. Применение фрезерования, протяжки, прокатки и, наконец, резьбошлифования к производству напильников обещает выступить в качестве серьезного соперника насекальной машины (рис. 20, 21). Эти методы порождают и изменение формы зуба напильника и применение составных напильников, с накладкой (рис. 20). Кстати сказать — тенденция вытеснения и замены старинного метода насечки напильника встречает серьезные препятствия. Насеченный обычным способом зубец напильника имеет угол резания более 90°, ч то создает худшие условия резания по сравнению

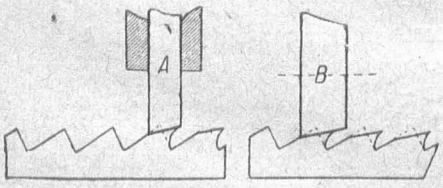


Рис. 22. Придание угла поднутрения зубцам напильника при помощи (А) пуансона, (В) нажимных роликов

[1] К. Маркс, Капитал, т. I, стр. 329, прим. 195.

с нормальным резцом. Кроме того, такой зубец бывает обычно неправильной формы и круто заострен с краю. Фрезерованный зубец обладает правильной формой и может иметь передний угол (угол поднутрения). Это дает большую стойкость и производительность фрезерованного напильника. Но оказывается, что при ручной работе фрезерованный напильник требует большего напряжения, чем насеченный. Последний благодаря наличию суженных острых краев зубца легче врезывается в материал [1].

Кроме того, появляются новые методы, дающие возможность получать и угол поднутрения, сохраняя прежний способ насекания зубцов. Для этой цели зубцам придается наклонное положение, либо при помощи пуансона, либо при помощи нажимных роликов [2] (рис. 22).

Применение напильника как машинного инструмента в выпиловочном станке (рис. 23) обещает новое развитие этому старинному инструменту. Хотя и теснимый сейчас фрезерованием, шлифованием и современным профильным прокатом, он еще дол го будет необходимейшим инструментом в нашем производстве и строительстве. Изучение и осуществление этих сдвигов, намечающихся в производстве напильников (большинство из них не вышло еще из стадии экспериментальных исследований), должно быть проведено в годы второй пятилетки.

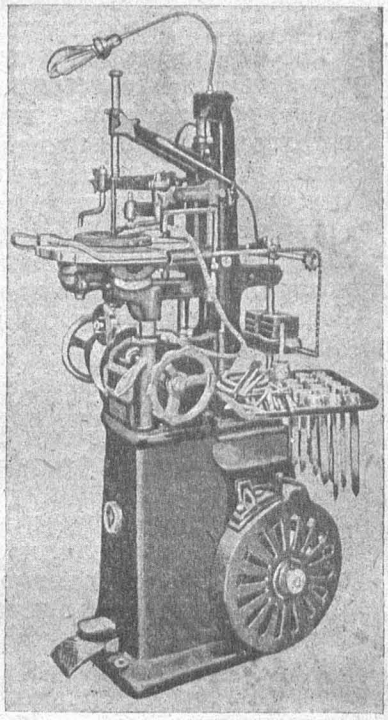


Рис. 23. Выпиловочный станок.

Заключение

Марксистское исследование истории инструмента представляет особые трудности в силу следующих двух причин: во-первых, область исследования является не определенной отраслью промышленности, как это имеет место в истории металлургии, горного дела и т. п., а определенным элементом техники различных отраслей промышленности; во-вторых этот элемент техники—один из неотъемлемых и важнейших на протяжении всей истории—отличается своим собирательным характером («инструменты»). Указанные особенности интересующей нас области истории техники заставляют избрать форму историко-технического очерка, как единственно возможную на данном этапе исследования. Выше приведено несколько звеньев из цепи таких очерков. Бегло оглянемся на их содержание и основные выводы.

*

Указания Маркса об инструменте в свете современной технологии позволяют дать определение функций инструмента, способствующее выявлению путей его технического развития. Исторически машинный инструмент развился из ремесленных инструментов. Необходимо различать в числе ремесленных инструментов сложные орудия мануфактурного периода, развившиеся впоследствии в машину (прялка, ткацкий станок, токарный станок и др.), от простых орудий, перешедших в исполнительный механизм машины в качестве машинных инструментов (сверло, пила и др.), а частью оставшихся ручными (напильник, топор и т. п.) орудиями труда.

---

[1] Н. П. Мартынов, Производство напильников в сб. «Пути развития инструментальной промышленности СССР», изд. «Стандартизация и рационализация», 1934 г.

[2] А. С. Куршин, Режущая способность напильников, ГНТИ, 1932 г.

Пр остые орудия труда начинают свое развитие еще в доисторический период. Сопост авляя характеристику ступеней общественного развития (по Энгельсу) с классификацией эпох по типам орудий и по способам их изготовления (установленной археологами), историк техники находит подлинные связи между сменой эпох общественного развития и развитием инструментальной техники в доисторический период. С другой стороны, рассмотрение доисторических орудий в технико-экономических условиях эпохи их появления показывает связь между развитием инструментов, обработкой новых материалов и производством оружия. Наконец, оно дает возможность установить, что основные типы современных инструментов в «зародышевом состоянии» появились еще до применения железа. Историческая смена материалов (камень, бронза, железо) связана с требованиями твердости и одновременно определенной вязкости инструмента, между тем как оба эти свойства в применявшихся для изготовления инструментов материалах находятся между собою в постоянном техническом противоречии.

Развитие неолита подготовляет появление металлургической техники, а вместе с нею медных и бронзовых изделий, в том числе орудий и оружия. Повышение твердости бронзы связано с увеличением ее хрупкости. Сталь обладает большой твердостью и вязкостью, благодаря чему и находит преимущественное применение в инструментальном деле. Закалка и цементация значительно повышают твердость стали, но вместе с тем увеличивают ее хрупкость. Связь между твердостью и хрупкостью материала привела в теории к утверждению Ледебура, что эти свойства нераздельны и что оба понятия являются тожественными. Это утверждение вредно и реакционно, так как ведет к отказу от решения одной из важнейших технических проблем. Оно ошибочно, так как разрешение противоречия между вязкостью и твердостью возможно о чем свидетельствует появление марганцовистой стали. Эта проблема особенно актуальна для наиболее современных инструментальных материалов — твердых сплавов.

Указания Маркса о закономерностях в прошлом техническом развитии инструментов наглядно иллюстрируются основными фактами из истории напильника. К этим фактам относятся прежде всего: появление перекрестной насечки вместо однорядной, применение при насечке раздельно молотка и зубила вместо заостренного молотка, диференциация формы напильников, тесно связанная с развитием мануфактуры. Напильник, как и большинство ремесленных инструментов, сохранившихся, преимущественно, в сфере ручного труда, приобрел свою форму в мануфактурный период — в XVIII в. и с тех пор почти не развивался до последних лет. Поскольку ручные инструменты, постепенно вытесняемые машиной, еще долго будут применяться в отдельных сферах производства, необходимо научное исследование путей усовершенствования этих инструментов, так как еще Марксом указана тенденция к застыванию формы таких инструментов (при их стихийном развитии) на сотни лет.

История станка для насечки напильников, ведущего свою историю от Леонардо да-Винчи, также может служить иллюстрацией к некоторым из указаний Маркса о путях прошлого технического развития машин. Имеющий более чем 500-летнюю историю насекальный станок нашел полное распространение лишь в условиях широкого развертывания машиностроительной техники. Современная технология машиностроения намечает новые методы изготовления насечки напильников: протяжка, фрезерование, резьба, шлифование—которые в случае успеха обещают произвести переворот в деле производства напильников. Во второй пятилетке необходимо тщательно изучить и экспериментировать эти, новые методы производства напильников, а также более широко применять и совершенствовать выпиловочный станок, в котором напильник применявшийся исключительно в сфере ручного труда, играет уже роль машинного инструмента.

Напильник, как выше указывалось, является техническим инструментом мануфактурного периода. Промышленный переворот дал сильный толчок расвитию ряда машинных инструментов. Развитие основных машинных инструментов требует дальнейшего изучения и освещения.

С. ШТЕРЛИНГ

Электросварочная техника США в период кризиса

Сварочное дело — одна из самых молодых отраслей современной капиталистической промышленности. Практически как технологический процесс сварка стала развиваться только после мировой империалистической войны. Применение сварки в ремонте разрушенных изделий и механизмов, выявив огромные возможности и преимущества этого метода, привлекло к нему внимание широких промышленных кругов.

Необходимо констатировать, что почти ни одна область техники не развивалась так стремительно и бурно, как сварка. За годы, прошедшие от окончания войны до начала мирового кризиса, сварочная техника прошла через целый ряд этапов и к 1929 г. достигла значительной степени совершенства. Это тем более замечательно, что сварка с технической точки зрения представляла молодой, революционный процесс. Внедрение сварки в промышленность делало излишним огромное количество оборудования, приспособленного для других методов производства, как клепка, отливка и др. Естественно поэтому, что на первых порах сварка встретила острое сопротивление со стороны ряда предпринимателей, заинтересованных в использовании своего богатого, далеко еще не изношенного оборудования. Однако, несмотря на это сопротивление, преимущества нового метода были столь очевидны, что даже во враждебной обстановке ему удалось не только завоевать права «гражданства», но и сделать огромные успехи по линии усовершенствования самого процесса.

В основном преимущества сварочного процесса сводятся:

1) к экономии металла, достигаемой за счет уменьшения сечений соединяемых частей. Последнее возможно благодаря тому, что при сварке устраняется ослабление изделий дырами для заклепок, становятся ненужными соединительные накладки, косынки, а взамен литья применяется преимущественно прокатный металл, обладающий большей прочностью;

2) к удешевлению производства за счет уменьшения количества необходимой рабсилы и рабочего времени, так как при сварке отпадает целый ряд операций: сверловка, или пробивка дыр, клепка, чеканка при клепке; изготовление моделей, формовка, литье, очистка и обрубка изделий при отливке. Некоторые из этих операций, например изготовление моделей, особенно тяжело отражаются на стоимости изделия в современном тяжелом машиностроении при индивидуальном или мелкосерийном производстве;

3) к уменьшению необходимых производственных площадей;

4) к уменьшению и упрощению оборудования. Становятся излишними дыропробивные или сверлильные станки, клепальные машины, формовочные станки и др.

Таким образом применение сварки значительно ускоряет производственный процесс и существенно снижает стоимость изделия. Поэтому естественно, что к началу кризиса в ряде капиталистических стран и особенно в США, являю-

щихся первой в мире страной по объему и технике применения сварки, уже существовал ряд крупнейших заводов, применявших сварку в качестве основного технологического процесса.

Достаточно, например, указать на то, что один только завод А. О. Смит Кор в Мильоки выпускал до 20 000 штук сварных труб в день (до 100 000 *т* в месяц). В этих трубах длиной в 13 *м* и диаметром от 300 до 800 *мм* продольные швы изготовлялись сварными на автоматах.

Сварные методы, а в частности электросварка, к 1929 г. проникли почти во все отрасли промышленности и приобрели в них довольно значительный удельный вес.

Тяжелый экономический кризис, который уже свыше 4 лет создает лихорадку в капиталистическом хозяйстве, не мог, конечно, не задеть и сварочной техники. В колоссальной разрушительной силе этого кризиса автору пришлось убедиться лично во время заграничной командировки в США в первой половине 1933 г.

При первом ознакомлении с производством в наиболее передовых странах Западной Европы и Америки поражает чрезвычайно низкая загрузка цехов и оборудования. Крупнейшие заводы, известные во всем мире — Дженераль Электрик К°, Вестингауз, Националь Туб Корпор, А. О. Смит и др. в США, Сименс и АЭГ в Германии, обладающие богатым и мощным оборудованием,— работают со столь незначительной нагрузкой, что производят впечатление полумертвых. В огромных цехах совершенно не чувствуется биения производственной жизни, и только у отдельных агрегатов можно заметить небольшие группы рабочих, выполняющих случайные заказы.

Крупные заводы, в особенности такие, которые изготовляют массовую однородную продукцию, настолько завалены готовыми изделиями, лежащими на складах в ожидании спроса, что могут в любой момент немедленно удовлетворить любого заказчика. Так, например, уже упоминавшийся выше завод А. О. Смит мог бы немедленно отгрузить по назначению не один десяток тысяч тонн труб. Аналогичное положение можно констатировать и на многих других заводах.

Было бы, однако, совершенно неправильно из этой картины общего застоя производственной жизни делать выводы, что на заводах парализована вся жизнь. Данные об объеме промышленной продукции, приведенные в докладе т. Сталина на XVII съезде партии, показывают, что наибольший упадок промышленности в капиталистических странах относится к 1932 г. В 1933 г. капиталистическая промышленность начинает несколько оправляться. Однако это повышение объема промышленной продукции, как указывает т. Сталин, далеко еще не характеризует перехода к нормальной депрессии, обычно предшествующей новому подъему промышленности.

На фоне общего застоя производственной жизни, охватившего капиталистическую промышленность в годы кризиса, выделяется непрекращающаяся все время научно-экспериментальная работа. В то время как весь механизм завода почти бездействует, за отсутствием спроса не находя применения для своих производственных возможностей, мозг предприятия — его научно-исследовательские лаборатории и экспериментальные отделы — ведет напряженную работу в части разработки новых конструкций, идей и методов и продвижения существующей техники на более высокую ступень.

Стоит только из производственного цеха завода перейти в экспериментальную лабораторию или конструкторское бюро, чтобы убедиться, насколько резка разница в обстановке и атмосфере работы двух частей одного и того же предприятия. Конечно, это явление не случайно. Оно наблюдалось почти на всех заводах, которые я посетил, независимо от их размеров и отрасли производства.

Естественно, возникает вопрос, почему застой, наблюдаемый в период кризиса во всех областях капиталистического хозяйства, не парализует также и этот участок. Какие причины заставляют капиталистическую науку и технику искать пути дальнейшего усовершенствования?

Первая причина вытекает из конкуренции, на которой основано капиталистическое хозяйство. Отдельные предприниматели в стремлении удержать свои позиции на рынке и не затонуть в пучине кризиса ищут спасения в применении новых технических изобретений и достижений, дающих им преимущество перед конкурентами. В результате этих стремлений появляются новые типы машин, более совершенные по конструкции, большей мощности, дающие большую производительность, лучшее качество и т. д.

Вторая причина — это стремление вызвать путем предложения новых, более усовершенствованных типов машин некоторое, пусть искусственное, оживление и усилить спрос на эти новые машины.

Затяжной характер кризиса исключает широкую реализацию научных достижений. Большинство новых конструкций остается в стадии эксперимента, хотя они годны уже теперь для производственной реализации. Исключение представляет область военной техники. Именно здесь лежит третья и главнейшая причина, стимулирующая развитие сварочной техники.

Сгущающаяся атмосфера предвоенной подготовки стала в последнее время особенно напряженной. Тов. Каганович в докладе на московской партконференции сказал: «В вопросе о войне существуют две группировки капиталистических стран. Обе готовятся к войне, но не все сегодня хотят войны». Для каждой из этих групп вопрос сводится к тому, чтобы выбрать для начала военных действий момент, наиболее подходящий, наиболее удобный и выгодный с точки зрения обстановки.

В своем докладе XVII съезду партии т. Сталин, подробно разбирая экономическое и политическое положение в капиталистических странах, констатирует, что «дело идет к новой империалистической войне, как к выходу из нынешнего положения».

Подготовка к войне усиливает спрос на продукцию всех отраслей промышленности, и, в первую очередь, конечно, на продукцию, связанную непосредственно с задачами повышения боеспособности и с требованиями обороны. Такими отраслями являются химическая, автомобильная, авиационная, котельное производство и некоторые другие.

Из дальнейшего изложения будет видно, что новейшие достижения сварочной техники предусматривают удовлетворение требований, предъявляемых в первую очередь именно к этим отраслям промышленности.

При анализе состояния электросварки в период кризиса необходимо отдельно рассмотреть два ее вида: дуговую и контактную, так как развитие их шло неравномерно.

Дуговая сварка еще до начала кризиса получила в капиталистических странах широкое распространение и в техническом отношении достигла высокого уровня развития. Существовали уже сварочные машины хорошей конструкции, вводились автоматы; вместе с тем при назревающем кризисе не было острой необходимости в увеличении производительности. Наличное оборудование, предназначенное для сварки вручную, было загружено далеко не полностью. Отсутствовал поэтому стимул к дальнейшему усовершенствованию сварочного оборудования. Увеличение выработки продукции на одного рабочего шло за счет сильнейшей интенсификации труда под давлением безработицы и являлось до некоторой степени источником восполнения пробела, вызываемого несовершенством оборудования. Изобретательская мысль, не имея заказа от потребителя, ограничилась лишь внесением в конструкцию машины-автомата небольших изменений и дополнений, необходимых для получения лучшего качества и удовлетворения выросших технических требований при изготовлении специфических и ответственных изделий. Развитие дуговой электросварки шло поэтому по пути овладения техникой сварки новых материалов, внедрявшихся в промышленность в связи с новыми требованиями, а также и тех, которые и раньше имели применение в промышленности, но не поддавались электросварке обычными методами (например, цветные металлы).

Сварка, вообще говоря, не является самостоятельным процессом производства. Это — один из методов соединения металлов, применяемый при изготовлении продукции всех отраслей промышленности. За отсутствием спроса на оборудование специалисты сварочной техники поневоле занялись экспериментированием и углубленным изучением самых методов выполнения сварки с целью получения швов наилучшего качества.

Из областей применения сварки, в которые она внедрялась особенно глубоко еще до начала кризиса, следует отметить: котлостроение, изготовление сосудов для работы под давлением, химическое машиностроение, общее машиностроение, частично судостроение и изготовление подвижного состава.

Сосуды для работы под давлением и котлы требовали швов, обладающих высоким механическим сопротивлением и большой способностью сопротивляться динамическим нагрузкам; химаппаратура требует от основного материала и сварного шва стойкости в отношении коррозии, разъедания химическими реагентами, кислотами и т. д.

Если в первое время сварочной технике приходилось иметь дело с легко поддающимся сварке железом, то в дальнейшем в практике сварки стали появляться высокоуглеродистые, хромистые, марганцовистые, хромоникелевые, хромомолибденовые стали, поведение которых при высоких сварочных температурах существенно отличается от поведения железа и мягкой стали. Еще сложнее обстояло дело со сваркой цветных металлов (медь, алюминий, дюраль, эвердюр, никель, монель-металл) при изготовлении авто- и авиоконструкций, химической аппаратуры и др.

В связи с увеличившимся спросом на цветные металлы и их высокой стоимостью на рынке появился новый материал — двухслойная сталь. Такая сталь состоит фактически из двух листов, прочно соединенных между собой самим процессом прокатки. В результате получается лист, состоящий с одной стороны из обыкновенной малоуглеродистой стали, а с другой — из нержавеющей стали, никеля или монель-металла. Такой материал удовлетворяет требованиям антикоррозийности и в то же время дешевле цветного металла.

Большинство таких легированных сталей и цветных металлов если и поддавалось сварке, то исключительно газовой (кислородно-ацетиленовой). Техника соединения этих металлов при помощи дуговой электросварки в прошлом не была освоена. Эта задача была разрешена уже в период кризиса в результате ряда исследовательских и экспериментальных работ по подбору соответствующих электродов и обмазок. Те же работы в основном разрешили проблему получения качественных швов и на обыкновенной стали.

Одним из важнейших факторов, влияющих на качество сварного соединения, является качество присадочного материала. Прочность изделия в целом определяется прочностью наиболее слабого места. Поскольку самый металл шва, представляющий собою литой металл, при всех прочих равных условиях слабее основного, большей частью катанного металла, то очевидно, что при основном материале различного качества серьезное значение приобретает качество наплавленного металла, зависящее в первую очередь от качества присадочного материала или электрода.

В первый период развития сварочной техники считалось наиболее правильным, чтобы электрод по своему химическому составу был одинаковым со свариваемым изделием. Однако вскоре удалось выяснить, что это условие, хотя и желательное, не является обязательным. В дальнейшем были разработаны стандартные составы электродов, предусматривающие несколько их сортов для сварки сталей, значительно отличающихся по своим механическим свойствам. Так, например, в США еще в 1921 г. был утвержден нижеследующий состав электродов (см. таблицу на стр. 141).

Этот стандарт в течение ряда лет оставался руководящим материалом при изготовлении и приемке электродов. Аналогичные стандарты были разработаны и в Германии. Однако в последнее время, с развитием различных сортов обмазок

и типов обмазанных электродов, удалось изменить механические свойства сварного соединения и самого наплавленного металла в таких широких пределах,

Для малоуглеродистой стали		Для высокоуглеродистой стали	
№ 1 — А			
C — не больше . . .	0,06%	C	0,85 — 1,10%
Mn „ „ . . .	0,15%	Mn	0,03 — 0,60%
P „ „ . . .	0,04%	Si не больше . . .	0,06%
S „ „ . . .	0,04%	P „ „ . . .	0,04%
Si „ „ . . .	0,08%	S „ „ . . .	0,04%
№ 1 — В			
C	0,13 — 0,18%		
P не больше . . .	0,04%		
S „ „ . . .	0,04%		
Si „ „ . . .	0,06%		

что в новейших технических условиях, разработанных Американским сварочным обществом в середине 1933 г., уже совершенно отсутствуют указания на химический состав электродов. Оценка качества электродного материала дается исключительно исходя из механических свойств соединения. Основным требованием помимо прочности, а для ряда изделий и плотности швов, является вязкость шва. В ряде случаев можно даже поступиться величиной временного сопротивления на разрыв (конечно, не ниже определенного предела) для достижения большей вязкости. Общеизвестно, что шов, изготовленный дуговой электросваркой, голым электродом, обладает очень малой вязкостью, очень жесток. Удлинение его не превышает 4—5%, что в большинстве ответственных конструкций совершенно недостаточно. Особенно важно получить вязкий наплавленный металл в тех случаях, когда шов работает в условиях переменных и динамических нагрузок, когда металл при каждом изменении нагрузки «дышит». Вот в этих условиях способность металла следовать за деформациями — весьма важное и ценное свойство. Именно по этим соображениям от примитивного испытания на разрыв перешли к более повышенным требованиям, по которым проверяются качество шва и соединения в целом.

Новейшие американские технические условия предусматривают следующие испытания:

1) На разрыв соединения. При этом в пластинах, из которых затем вырезаются образцы, коробление, т. е. угол, образуемый пластинами после сварки, не должно превышать 5°. Правка покоробленных пластин допускается только в холодном состоянии до отжига, если таковой вообще предусмотрен испытанием. Размеры и форма образцов на разрыв, а также способ их изготовления изображены на рис. 1 и 1а.

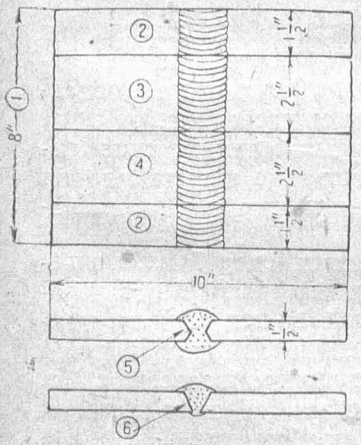


Рис. 1. Сварные планки для изготовления образцов на разрыв и изгиб. *1* — при испытании на ударную вязкость длина планки должна быть не менее 265 *мм*; *2* — отбрасывается; *3* — образец для испытания на разрыв; *4* — образец для испытания на изгиб; *5* — двусторонний скос; *6* — односторонний скос

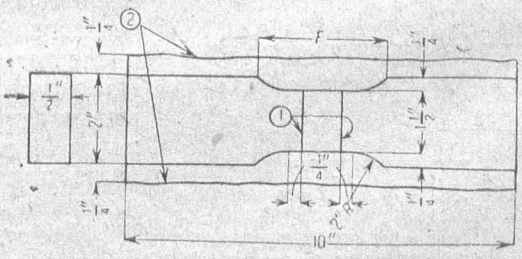


Рис. 1а. Образец для испытания соединения на разрыв. *1* — основание шва; *2* — если образцы вырезаны газом, то эти кромки должны быть обработаны

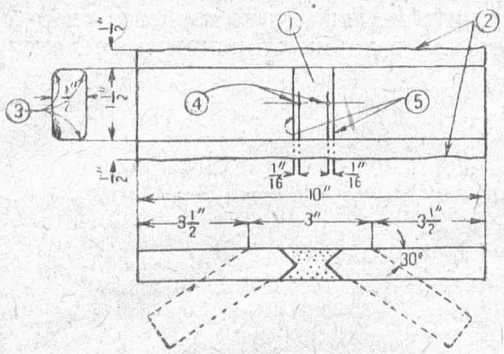


Рис. 2. Образец для испытания на свободный изгиб. *1* — поверхность шва должна быть обработанной; *2* — если образец вырезан газом, то эти кромки должны быть обработаны; *3* — углы закруглить на радиус 1,5 *мм*; *4* — следы керна; *5* — основание шва

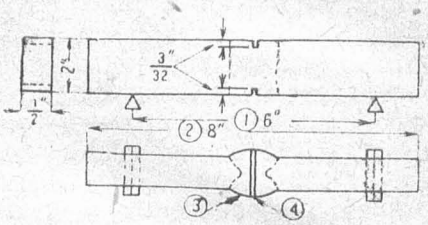


Рис. 3. Образец для испытания на удар с запилом. *1* — расстояние 6″ указано приблизительно; *2* — расстояние 8″ — минимальное; *3* — не снимать усиления с обеих сторон шва; *4* — прорез по всей толщине образца

2) Испытание на свободный изгиб производится с образцом, изображенным на рис. 2. Как видно из рисунка, для устранения влияния привходящих факторов края (углы) образца закругляются и самый изгиб производится постепенно, а не резкими ударами. Для этого образец сначала зажимают в тисках и подгибают на $^1/_3$ длины сначала с одной стороны, а затем с другой. После этого его закладывают в специальное приспособление или пресс и продолжают изгибать до появления первой трещины на выпуклой поверхности между краями.

3) Для определения качества сварного соединения в отношении сопротивления динамическим нагрузкам существенные результаты дает испытание на удар с зарубкой (с запилом). Форма и размеры этого образца изображены на рис. 3. Такой образец ставится на опоры и по нему наносится резкий удар приводным молотком или падающим грузом, живая сила которого достаточна для излома образца по зарубке.

Эти три испытания производятся над образцами, характеризующими сварное соединение; они состоят из двух частей основного материала со швом посредине.

Кроме этих испытаний технические условия предусматривают еще испытания над образцом, изготовленным целиком из наплавленного металла.

На рис. 4 изображен способ изготовления такого образца и его размеры. Наплавленный металл накладывается слоями, причем каждый последующий слой наплавляется после того, как предыдущий уже совсем остыл. Из наплавленного таким образом металла вытачивается образец, изображенный на рис. 5, который и испытывается на разрывной машине для определения временного сопротивления и относительного удлинения.

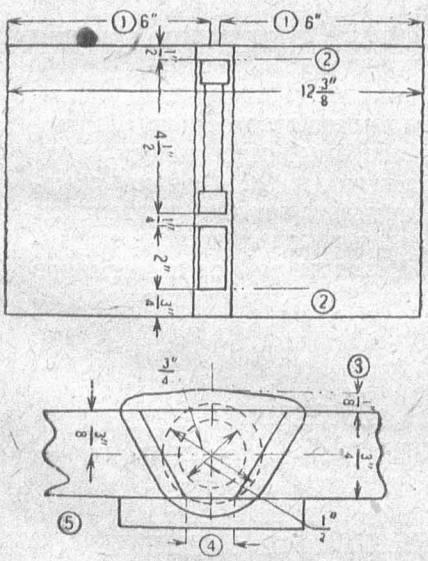


Рис. 4. Изготовление образцов из целиком наплавленного металла для испытания на разрыв и удельный вес. *1* — планки 6″; *2* — отбрасывается; *3* — размер приблизительный. *4* — зазор перед сваркой $^3/_8$″; *5* — подкладка любого размера

Доброкачественный шов должен иметь плотное строение без газовых пузырей, шлаковых включений и т. п. Мерилом для определения качества шва в этом отношении может служить его удельный вес. Поэтому аме-

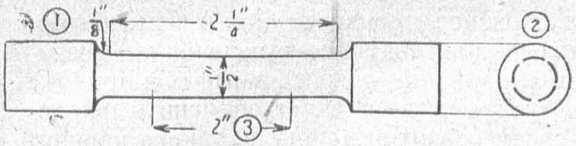


Рис. 5. Образец из наплавленного металла для испытания на разрыв. *1* — радиус закругления не менее 1/4"; *2* — обработка по всей поверхности; *3* — длина средней части и переход к более толстым концам должны быть такими, как указано на рисунке; концы образца могут быть произвольной формы, которая могла бы быть закреплена в разрывной машине

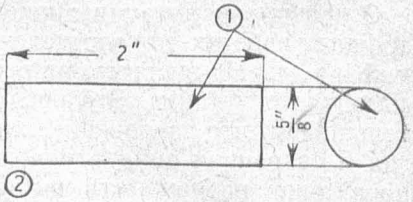


Рис. 6. Образец из наплавленного металла для испытания на удельный вес. Обработать цилиндрическую и торцевые поверхности, размеры выдержать с точностью до 1/1000"

риканские правила предусматривают также определение удельного веса образца из цельнонаплавленного металла. Такой образец изображен на рис. 6. Его взвешивают и измеряют с точностью до 0,001" и затем по весу и объему определяют удельный вес.

По требованиям, предъявляемым к присадочному материалу и электродам, все они разделены на 4 группы, характеристика которых видна из табл. 1 и 2.

Таблица 1

Минимальные требования к сварному соединению

Группа	Положение шва	Врем. сопротивление основного материала	Тип соединения (рис. 1)	Термообработка	Врем. сопротивление (рис. 2)	Удлинен. при свободном изгибе (рис. 3)	Испытание на удар с зарубкой
I	Нижний	4 000—4 250 *кг/см²*	U-образ. 60—90°	Отжиг	100% от миним. прочности основного материала	30%	Не требуется
II	Нижн. верт. потол.	4 000 *кг/см²*	—	То же	95% от миним. прочности основного материала	20%	Не требуется
III	То же	4 000 *кг/см²*	—	Не требуется	85% от миним. прочности основного материала	10%	Обязательно
IV	То же	4 250 *кг/см²*	—	То же	90% от прочности основного металла	7%	Обязательно

Таблица 2

Минимальные требования к образцу из наплавленного металла

Группа	Положение шва	Термическая обработка	Врем. сопротивл. в % по отношению к основному материалу (рис. 5)	Удлинение в % на длине 50 *мм* (рис. 6)	Удельный вес (рис. 6)
I	Нижний	Отжиг	100	20	7,80
II	Нижний верт. потол.	То же	95	13,5	7,75
III, IV	Не требуется				

Отдельные испытания аналогичных образцов производились и раньше при сварочных работах для определения квалификации сварщиков, надежности соединений и т. д. Но впервые они регламентированы как обязательные при приемке присадочного металла. Это последнее обстоятельство следует объяснить исключительно тем, что сварочная техника в своем развитии дошла до такого уровня, когда и сварочная аппаратура, и методы выполнения сварки, и квалификация кадров дают возможность выполнять сложнейшие конструкции при помощи сварки. При этих условиях качество и надежность сварных соединений наряду с качеством основного металла зависят в первую очередь от электрода. Поэтому предъявление повышенных, но совершенно точных и четких требований следует считать прогрессивным фактором.

Выше было упомянуто, что в технических условиях ничего не говорится ни о химическом составе электрода, ни об обмазках. Важен конечный результат — высокие механические и физические свойства сварного соединения. Тут нельзя не подчеркнуть, что самая возможность регламентирования таких высоких требований получилась в результате длительной и упорной борьбы за качественный электрод. Действительно, на первых порах развития сварочной техники, когда для сварки применяли только голый электрод, нельзя было и думать о применении сварки к изготовлению ответственных изделий. Сварка ограничивалась конструкциями, подверженными лишь статическим нагрузкам. Постепенное внедрение сварки в котельное дело при изготовлении сосудов и резервуаров, работающих под давлением, в машиностроение, в котором швы испытывают уже динамическую нагрузку, в изготовление химаппаратуры, подверженной влиянию химических реакций, высоких температур и других факторов, усложняющих работу швов, потребовало более осторожного подхода к выбору электрода.

Как уже указывалось, после прочности важнейшее требование при сварке — вязкость шва. Причины, вызывающие жесткость электродугового шва — это поглощение расплавленным металлом кислорода и азота из атмосферы во время перехода капель металла с электрода на изделие. Вредное влияние этих газов выявилось уже давно, и давно уже изыскивались методы борьбы с ними. Одним из наиболее успешных способов является создание специальной защитной атмосферы вокруг расплавленного металла. Это достигается путем покрытия электрода специальной обмазкой из органических и неорганических веществ, которые, сгорая в дуге, создают вокруг нее слой газов, препятствующих проникании к металлу кислорода и азота.

Многочисленные и разносторонние исследования швов, изготовленных при помощи голых и обмазанных электродов, а также сравнение результатов сварки при применении различных обмазок показали, что роль обмазок далеко не исчерпывается созданием защитной оболочки вокруг дуги. Выбором соответствующего состава обмазок можно вводить в шов такие элементы, которые придают шву желательные механические свойства. Далее обмазки, сгорая в дуге, образуют обильный шлак, который, будучи легче металла, всплывает наверх и покрывает его; плотная стекловидная масса шлака, закрывая металл, защищает его от влияния воздуха и вместе с тем замедляет его остывание, что в свою очередь содействует образованию мелкозернистой структуры, а следовательно, и получению лучших механических свойств шва. Все эти достоинства обмазок, естественно, создали целую науку. Ряд фирм специализировался на изучении, исследовании и производстве различных сортов обмазок для получения швов лучшего качества.

В поисках средств для получения вязких швов делались попытки создать защитную среду вокруг расплавленного металла без обмазок путем ведения самой сварки в атмосфере какого-либо газа (нейтрального или восстанавливающего). Необходимо указать, что и на этом пути были достигнуты определенные успехи. Эту работу вела в основном лаборатория известной американской фирмы Дженераль Электрик, предложившая в результате своих исследовательских работ

два метода — сварку в атмосфере газов (водорода, метанола и др.), так называемый метод Александера, и атомно-водородную сварку — способ Лангмюира. Оба эти способа были предложены еще в самом начале кризиса, но экспериментальная их разработка продолжалась уже тогда, когда кризис разрастался. С точки зрения создания вязкости шва оба эти метода равноценны, хотя по существу происходящих процессов значительно отличаются между собой.

Изображенный на рис. 7 аппарат для сварки в защитной атмосфере применяется исключительно для создания этой защиты, устраняющей хрупкость и твердость шва. Как видно из рисунка, жидкость из сосуда проходит по трубке в испаритель, где нагревается электрическим током, подводимым по проводам.

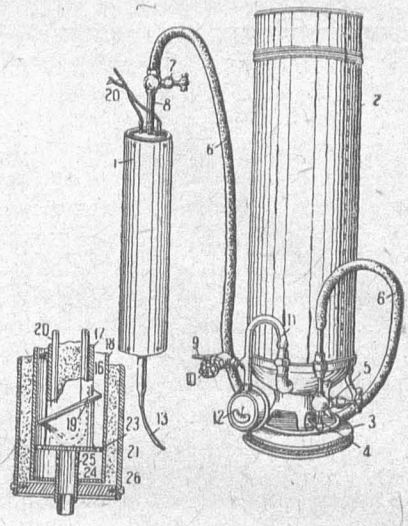


Рис. 7. Аппарат для сварки под защитой газов (Александер). *1*—испаритель; *2*—сосуд для испаряемой жидкости; *3*—основание сосуда; *4* и *8*—трубки; *6*—рукав подающий жидкости из сосуда *2* в испаритель *1*; *5* и *7*—краны; *9* и *11*—трубки; *10*—кран; *13*—выпускное сопло; *16*—испарительная камера; *17* и *18*—стенки камеры; *19* перегородка; *20*—нагревательный прибор (проводники); *21*—плита, отделяющая нижнюю часть испарителя от камеры *16*; *23* и *25*—отверстие; *24*—трубка; *26*—наружный кожух; *27*—асбестовая изоляция

Пары поступают в часть *1*, откуда забираются по трубке *13* и подводятся к месту сварки. Этот прибор был сконструирован проф. Александером для сварки в атмосфере паров метанола и запатентован им в середине 1932 г. Необходимо отметить, что способ этот так и остался лабораторно-экспериментальным и не получил практического применения. В тех немногих случаях сварки под защитой газов, которые мне удалось наблюдать на американских заводах, применяются не пары метанола или им подобные, а исключительно водород, подводимый либо по газопроводу, либо непосредственно из баллона. Этот способ применяется в небольшом масштабе также на заводах Дженераль Электрик, располагающих специальными крупными водородными установками для других целей. Таким образом применение этого метода в производстве объясняется наличием в достаточном количестве дешевого водорода. Вообще же он промышленного применения не получил.

Способ Лангмюира изображен на рис. 8. Как видим, этот метод по своей идее сходен со способом сварки по методу Черенера, только в нем вместо угольных электродов применяются два вольфрамовых электрода. Дуга образуется между этими электродами, самое же изделие в сварочную цепь не включено. Каждый электрод проходит через сопло, которым к месту сварки подводится струя водорода. Однако роль этого водорода несколько иная, нежели в способе Александера. Помимо создания защитной восстановительной атмосферы, водород, проходя через вольтову дугу, диссоциируется, и каждая молекула его расщепляется на атомы, поглощая при этом определенное количество тепла. Когда вслед за тем эти атомы попадают на холодную поверхность металла, происходит обратное соединение атомов в молекулы, сопровождаемое выделением поглощенного ранее тепла. Благодаря этому температура повышается и процесс расплавления металла происходит быстрее.

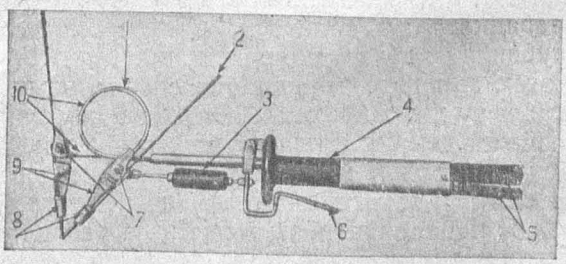


Рис. 8. Держатель для атомно-водородной сварки. *1* — вольфрамовый электрод.

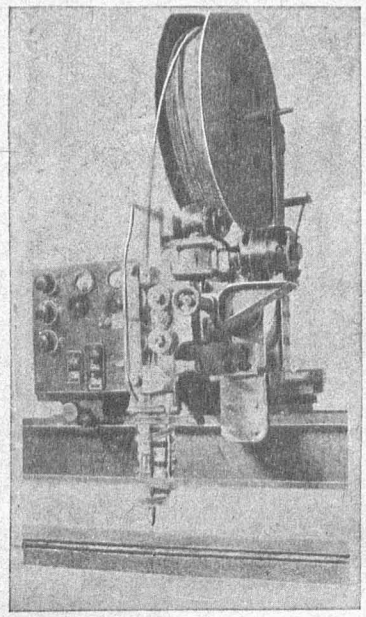


Рис. 9. Автоматическая головка для обмазанной электродной проволоки

Атомно-водородная сварка имеет значительно более широкие перспективы, нежели метод Александера. Она дает возможность легко получить очень хорошие швы при сварке не только черных металлов, но и цветных, начиная с самых малых толщин в 0,5 — 1 *мм*. Высокое качество шва и возможность широкого применения этого метода при наступлении ожидаемых «лучших времен» послужили основанием того, что фирма Дженераль Электрик пошла дальше по этому пути и разработала конструкцию аппарата для автоматической атомно-водородной сварки, при которой скорость ведения сварки по сравнению с ручной увеличивается примерно в 2 раза. Одновременно была также изменена конструкция держателя для электродов при ручной сварке; вместо простой вольфрамовой проволоки в него вставляется гибкий вольфрам. Такой держатель дает возможность удобнее оперировать в узких и тесных местах, а также уменьшает отходы электродов по сравнению с прутковым вольфрамом.

Германская фирма АЭГ несколько усовершенствовала этот метод, главным образом снизив напр жение холостого хода и сделав его безопасным для сварщика. Несмотря на свои достоинства, оба описанные выше способа не получили широкого распространения. Дороговизна водорода и особенно вольфрама, при общей конъюнктуре застоя, затормозила внедрение их в производство и заставила искать более дешевых путей получения качественного металла.

Особенно сильный удар методам сварки под защитой газов был нанесен большими успехами в деле изготовления обмазок и покрытия ими электродов. Характерно, что необходимость вести борьбу за рынок заставила ту же фирму Дженераль Электрик направить техническую мысль своих лабораторных сотрудников на путь изыскания лучших обмазок, и даже больше — именно эта фирма первая разработала специальную конструкцию автоматической сварной головки для работы обмазными электродами, которая в дальнейшем, вероятно, совершенно вытеснит способ Александера и значительно сузит объем применения метода Лангмюира. (Оба метода созданы той же фирмой.)

Такая автоматическая головка для обмазанных электродов изображена на рис. 9. Она принципиально одинакова с обычной головкой той же фирмы для голых электродов. В ней имеется только добавочный мотор, который приводит во вращение специальную фрезу, снимающую с электрода узкую полосу обмазки или обмотки, оголяя таким образом электрод и давая тем самым возможность подвести к нему контакт. Снятая обмазка отсасывается специальным эксгаустером.

На одном из крупных заводов США инженер показал мне чертеж сконструированного им аппарата, в котором электрод изготовляется в виде полой трубочки из двух тонких железных лент. Внутренность образовавшейся трубочки в этом аппарате заполняется специальным сухим флюсом, который при сварке играет ту же роль, что и обмазка в обмазанных электродах. Такой аппарат дает возможность вести сварку автоматически. По заявлению того же инженера «тяжелые времена» не дали возможности построить такой аппарат, и он остается до сих пор запатентованным, но неосуществленным изобретением.

Я не останавливаюсь здесь на различных составах обмазок, применяемых и изготовляемых различными фирмами. Их очень много; многие еще сохраняются в секрете, составы других известны. Более подробное освещение состава электродов и обмазок дано в статье автора, посвященной специально этому вопросу и помещенной в № 9 журнала «Сварщик» за 1933 г.

При изучении динамики развития электродного дела нельзя, однако, хотя бы вкратце не остановиться на том, что попытки получения качественных обмазок сводились не только к выработке специальных составов, но и распространялись на самый метод покрытия ими электродов. Не вдаваясь в детали, мы отметим здесь, что новейший метод покрытия состоит не в погружении электрода в обмазку соответственной консистенции, а в наложении обмазки на электрод под давлением, доходящим до 200 *ат* [1]. Само собой разумеется, что такой способ покрытия дает гораздо более плотную, равномерную и прочную обмазку, а следовательно, и высококачественный, прочный, плотный и вязкий шов, удовлетворяющий всем предъявляемым к нему требованиям. Большое удобство обращения, ненужность специальных аппаратов и приспособлений открывают таким обмазанным электродам широкое поле применения. Такими электродами можно с успехом выполнять сварочные работы при изготовлении ответственнейших и сложнейших изделий, работающих в тяжелых условиях динамических нагрузок, высоких температур, давлений и т. п.

Излишне указывать, что появление в промышленном обиходе таких высококачественных материалов, как нержавеющие стали, сплавы цветных металлов и др., вызвало необходимость подыскания соответствующих электродов для их сварки. Такие электроды и обмазки уже выработаны и могут применяться с успехом, придавая наплавленному металлу шва те же высокие свойства, которыми отличается основной металл.

Для полноты картины в вопросе о новых усовершенствованиях в области сварки в защитной атмосфере следует еще указать на способ сварки, разработанный фирмой Griesheim совместно с АЭГ в Германии. Этот способ, являющийся комбинацией газовой и дуговой сварки, получил название «аркоген». Он заключается в том, что вольтову дугу зажигают в пламени кислородно-ацетиленовой горелки. Благодаря этому для расплавленного металла создается газовая защита от кислорода и азота воздуха. Наличие двух источников тепла — вольтовой дуги и газового пламени — значительно увеличивает количество тепла, благодаря чему возрастает производительность сварки. Если атомно-водородный метод оказывается наиболее выгодным для небольших толщин металла (примерно до 7 *мм*), когда можно варить без присадочного металла, то газо-электрический способ, наоборот, будет выгоднее при сварке больших толщин. Образцы, сваренные этим способом, показали хорошие результаты в смысле прочности и вязкости.

Сварка ведется одним сварщиком, который в правой руке держит газовую горелку, а в левой — электродержатель с обмазанным электродом, соединенный с трансформатором. Интересно отметить, что при этом методе переменный ток оказался более подходящим, чем постоянный, которому на Западе и в США обычно отдается предпочтение.

Однако этот метод, как и другие изложенные выше новые методы сварки, не вышел за пределы экспериментальных работ вследствие крайне неблагоприятных экономических условий, существующих в капиталистических странах.

Мы уже указывали, что условия кризиса не создавали достаточного стимула к развитию и усовершенствованию оборудования для дуговой сварки. Поэтому на протяжении 4 лет кризиса мы не можем отметить таких достижений, которые сколько-нибудь существенно изменили бы принцип работы и конструкцию ранее известных машин и автоматов. И если в области ручной сварки дело шло в направлении изыскания соответствующих электродов и обмазок, то и по линии автоматической сварки были введены усовершенствования, сводившиеся к созданию вокруг дуги защитной атмосферы.

Как известно, все существовавшие до последнего времени автоматы для дуговой сварки сконструированы для сварки голыми электродами (исключением является упоминавшаяся выше головка Дженераль Электрик). Такая сварка,

[1] «Сварщик», 1933, № 9.

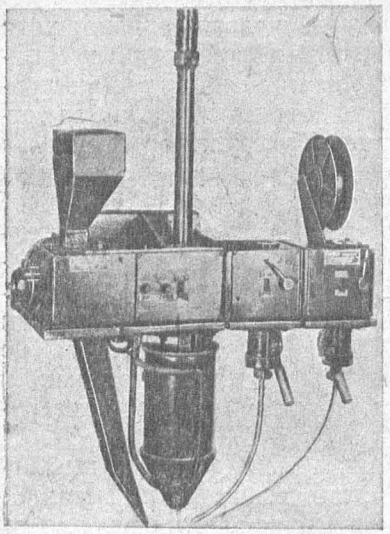


Рис. 10. Автоматическая головка Сименс-Шукерт для сварки в защитной атмосфере

устраняя влияние индивидуальных свойств сварщика на качество шва, дает лучший шов, нежели ручная сварка. Однако она не в состоянии полностью уничтожить влияние кислорода и азота воздуха, проникающих в расплавленный металл (правда, в меньшей степени, нежели при ручной сварке). Обычные методы обмазки электродов не давали возможности применять обмазанную проволоку на автоматах, так как при подаче ее посредством роликов слой обмазки разрушался. Поэтому был применен другой способ. Сварка производилась угольной дугой, а присадочный металл подводился к месту сварки в виде проволоки, сматываемой с бухты. Для создания защитной атмосферы вокруг расплавленного металла к тому же месту сварки подводился специальный бумажный жгут или шнур, который сгорая давал необходимую газовую защиту.

Такие автоматические головки разработаны были еще в 1929 г. американской фирмой Линкольн Электрик, а в годы кризиса германской фирмой Сименс-Шукерт.

Головка этой последней изображена на рис. 10. По своему устройству эти головки не отличаются от нормальных автоматических головок для угольной дуги, изготовлявшихся ранее той же фирмой. Существенным является подвод присадочной проволоки и бумаги, назначение которых указано выше. Необходимо отметить, что условия кризиса не дали этой машине широкого распространения.

Другим преимуществом автоматической сварки является повышение производительности сварки. Скорость сварки на автоматах в среднем в 3 раза больше, нежели вручную. Но увеличение производительности может быть достигнуто также и при ручной сварке.

Скорость сварки является в конечном счете функцией количества металла, расплавляемого в единицу времени. А это количество металла зависит от диаметра электрода и силы тока. Если при ручной сварке применять более толстые электроды с соответственно увеличенной силой тока, то в единицу времени будет отложено больше металла, а следовательно, и производительность сварки будет выше. И действительно, в США такая сварка на повышенной силе тока стала применяться сначала в порядке эксперимента, а затем и в производстве.

Помимо применения доброкачественной машины и качественных электродов и обмазок качество сварного шва в сильной степени зависит от самого способа ведения сварки. В этом отношении необходимо отметить, что наилучшие результаты дает так называемая многослойная сварка, применяемая при соединении толстых листов.

Этот метод особенно оправдал себя при сварке сосудов, работающих под давлением. Многослойная сварка, при которой весь шов образуется из отдельных небольших, наложенных один на другой слоев, значительно уменьшает внутренние напряжения, образующиеся в металле от быстрого нагрева и остывания металла в процессе сварки и оказывающие очень вредное влияние на прочность соединения. Она улучшает и самую структуру наплавленного металла, так как верхние слои его отжигают нижние. Это благотворное влияние многослойной сварки настолько бесспорно, что она стала обязательным методом при изготовлении ответственных котельных изделий и сосудов под давлением.

Из попыток внедрить новый тип оборудования следует отметить разработанный американской фирмой Вестингауз специальный прибор, так называемый осциллатор, облегчающий выполнение сварки голым электродом на переменном токе.

Как известно, при переменном токе и голых электродах дуга горит очень неустойчиво и часто обрывается. Причиной тому служит неустойчивость движения потока электронов, происходящего по направлению от катода к аноду. При переменном токе направление движения электронов меняется очень быстро (100 раз в секунду, при частоте тока 50 периодов), и воздушный прослоек между электродом и изделием не успевает достаточно ионизироваться (как при постоянном токе). Ионизация же этого пространства является необходимым условием устойчивости горения дуги.

Осциллатор представляет собой прибор, служащий для поддержания устойчивости дуги при переменном токе. Параллельно со сварочным током включается ток высокой частоты и сравнительно высокого напряжения. Благодаря этому промежуток между электродом и изделием все время остается ионизированным, и дуга легко зажигается при достижении определенного расстояния между ними. Нет даже необходимости накоротко замыкать цепь.

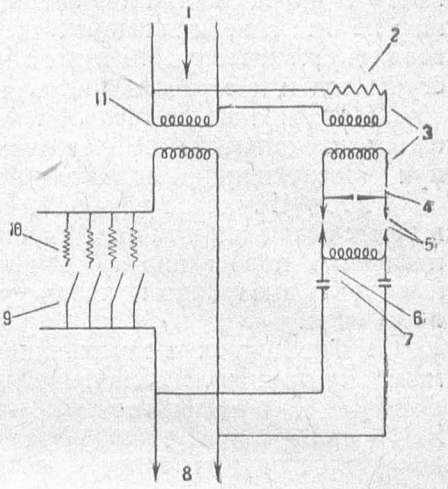


Рис. 11. Схема осциллатора. *1* — сеть; *2* — реостат; *3* — трансформатор напряжения; *4* — конденсатор; *5* — искровой разрядник; *6* — индукционная катушка; *7* — конденсатор; *8* — сварочная цепь; *9* — рубильники; *10* — регулировочный реостат; *11* — сварочный трансформатор

Схема устройства осциллатора изображена на рис. 11. Он состоит из трансформатора напряжения, искрового разрядника конденсатора и индукционной катушки. Искровые разряды вызывают высокочастотные колебания между конденсатором и индукционной катушкой. Частота тока выбирается безопасной для сварщика.

При помощи сварочного трансформатора с осциллатором можно легко производить сварку голыми электродами и малой силой тока. Глубина проникания получается несколько меньше, чем при постоянном токе, но может быть увеличена увеличением силы тока и более толстыми электродами. Прочность шва получается удовлетворительная. Спрос на сварочные машины переменного тока за границей, бывший всегда ничтожным (там применяется почти исключительно постоянный ток), не увеличился и после предложения изобретения Вестингауза. Интересно отметить, что, пожалуй, больше всего осциллатор использован у нас в СССР; на некоторых заводах он применяется для сварки, так как ни в одной стране переменный ток не получил такого широкого распространения, как у нас.

Как видно из вышеизложенного, основные стремления технической мысли в области дуговой сварки в период кризиса были направлены главным образом по линии получения высококачественного шва. Однако недостаточно изыскать способы выполнения такого шва, — надо еще уметь проверить качество шва, проконтролировать его.

На протяжении последних лет был произведен ряд попыток найти метод контроля швов без их разрушения, так как выборочные исследования и испытания швов на разрыв, изгиб и т. д. требуют изготовления специальных образцов, вырезанных из испытываемого изделия, т. е. фактически его разрушают. Из таких методов испытания без разрушения, кроме давно известного просвечивания рентгеновскими лучами, следует отметить: просвечивание γ-лучами, электромагнитный, постукивание стетоскопом и так называемый метод Шмуклера.

Электромагнитный метод заключается в том, что на шов накладывается лист бумаги, на который насыпаются опилки (преимущественно чугунные, как обладающие меньшей способностью сохранять магнетизм). Затем достаточно мощным магнитом создается магнитное поле, под влиянием которого опилки распола-

гаются в определенном порядке по направлению магнитных силовых линий. Если шов не имеет скрытых дефектов, то опилки располагаются равномерным слоем; если дефект имеется, то в этом месте (трещина, непровар и т. п.) слой опилок сгущается и дает возможность обнаружить дефект.

Постукивание стетоскопом является сугубо субъективным методом исследования, поскольку контролер должен на слух определить разницу в высоте тона при простукивании молотком вдоль шва.

Метод Шмуклера заключается в том, что в каком-либо месте шва выфрезовывается специальным прибором канавка; это место травят кислотой и исследуют, насколько хорош провар основного металла с наплавленным. Этот метод, имеющий выборочный характер, не дает полной уверенности в качестве всего шва.

Лучше других и совершеннее рентгеновское просвечивание, но этот способ может иметь лишь ограниченное применение, так как не всякое изделие по своим размерам и форме может быть подвергнуто такому исследованию. Однако этот метод по регламенту, разработанному Американским сварочным обществом, стал обязательным при приемке сосудов под давлением, отнесенных к первому классу по своей ответственности.

Ни один из этих способов не является вполне удовлетворительным в смысле возможности использования его в производственной обстановке. Все они скорее носят лабораторный характер.

Несколько иными были пути развития контактной сварки. По сравнению с дуговой сваркой контактная имеет более узкую сферу применения. Она менее гибка и может быть целесообразно использована только при массовом производстве однородных изделий. По качеству шва, по производительности и дешевизне это самый совершенный вид сварки. Стандартные контактные машины, предназначенные для ручной или ножной сварки, не отличались особой сложностью и на них легко можно было сваривать изделия из железа и стали небольшой толщины (точечной и роликовой сваркой) и небольшого поперечного сечения (стыковой сваркой). Однако переход к более высококачественным материалам (легированные стали, цветные металлы и их сплавы) требовали в режиме сварки коренного изменения, сводящего до минимума время сварки. Огромные успехи авто- и авиостроения еще в предкризисный период значительно расширили применение специальных сталей, которые должны были давать максимум механической прочности при минимальном весе. Попытки сваривать такие стали, большей частью очень небольшой толщины, дуговой сваркой и на стандартных контактных машинах оказались безуспешными.

Высококачественные стали весьма чувствительны к нагреву; пребывание их в высокой сварочной температуре в течение даже небольшого сравнительно промежутка времени, необходимого для осуществления сварки на нормальной контактной машине, настолько понижает качество металла и сварки, что практически этот способ теряет свою ценность. Большинство специальных легированных сталей принадлежит к нержавеющим материалам. Как показал опыт, сохранение этих нержавеющих свойств в сварном соединении возможно только при очень большой скорости сварки, что невозможно при ручной и ножной сварке на стандартных машинах. Простейшие прерыватели тока, выключающие ток при точечной и роликовой сварке через определенные промежутки времени, оказались неподходящими для сварки специальных сталей и цветных металлов. И только с переходом к более мощным машинам и совершенным прерывателям задача может считаться разрешенной.

Таким образом существенное различие в путях развития дуговой и контактной сварки в период кризиса заключается в том, что в то время как первая шла по линии усовершенствования техники сварки и улучшения качества сварного шва, вторая развивалась в направлении усовершенствования самого оборудования, в корне меняя конструкцию последнего.

Задача успешной контактной сварки сводится к максимальному сокращению количества подводимого к изделию тепла и к автоматизации процесса включения и выключения тока, т. е. к достижению максимальной скорости сварки.

Наибольшее применение контактная сварка нашла за границей в двух ведущих отраслях промышленности — авто- и авиостроении. При постройке автомобиля и самолета приходится соединять между собой огромное количество мелких деталей, для чего особенно целесообразно применять контактную сварку. И действительно, рассматривая новейшие типы современных контактных машин, мы приходим к выводу, что большинство из них предназначено для обслуживания этих производств.

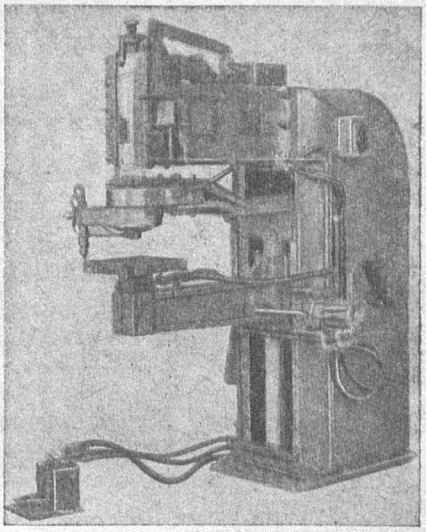


Рис. 12. Быстродействующая точечная машина «Тейлор Винфильд»

Постепенный и непрерывный рост участия сварки в изготовлении автомобиля и самолета толкал техническую мысль к усовершенствованию конструкций сварочных машин под указанным выше углом зрения — уменьшению времени сварки. Увеличение скорости сварки в новых машинах идет двумя путями: за счет увеличения мощности применяемых машин и за счет частого прерывания тока при постановке отдельных точек. Увеличение электрической мощности сварочных машин и увеличение скорости сварки, конечно, потребовали отказа от первоначальных простейших конструкций таких машин, в которых сварщик управлял машиной, нажимая ногою на педаль. Современные мощные машины имеют гораздо более сложную механическую часть, приводятся в движение от мотора или сжатым воздухом. Роль сварщика сводится только к включению машины путем нажатия кнопки и к повороту крана пневматического или гидравлического устройства.

Для иллюстрации мы приводим ниже описание некоторых современных контактных машин.

На рис. 12 изображена быстродействующая точечная машина, изготовленная заводом Тейлор Винфильд, при помощи которой можно ставить до 600 точек в минуту. Ставя точки так, чтобы каждая следующая перекрывала предыдущую, можно получить плотный, непроницаемый шов. По внешнему виду машина похожа на обычного типа точечную машину, но механическая часть ее значительно сложнее. Салазки, имеющие в нижней своей части головку, в которой закреплен верхний электрод, могут скользить в направляющих, причем движение это при включении синхронного мотора происходит непрерывно посредством червячной передачи. Амплитуда движения этих салазок составляет всего лишь 8 *мм*, вследствие чего получается плавный и спокойный ход, несмотря на скорость 600 движений в минуту.

При нажатии на педаль салазки под действием сжатого воздуха из цилиндра, расположенного наверху машины, опускаются вниз, и при зажатии изделия между обоими электродами происходит сварка. Если же спустить педаль, то салазки действием воздуха возвращаются в верхнее положение, и сварка прерывается, хотя верхний электрод все время продолжает двигаться вверх и вниз (на упомянутую уже выше величину 8 *мм*). Расстояние между верхним положением салазок (когда педаль не нажата) и нижним (при нажатии педали) составляет около 25 *мм*. Этого достаточно для того, чтобы вставить и вынуть свариваемое изделие. Наверху машины виден прямой рычаг, действующий на ролик выключателя. Когда при нажатии педали салазки находятся в нижнем положении, то рычаг опирается на ролик, вследствие чего ток

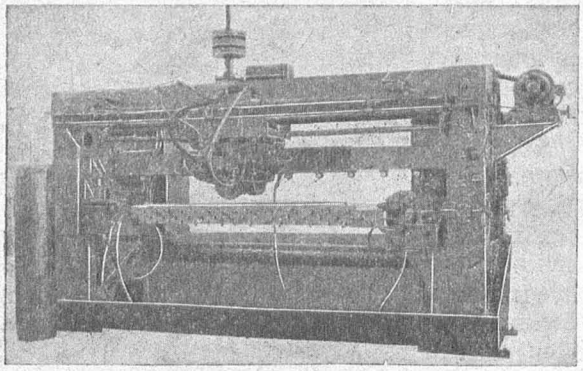


Рис. 13. Роликовая машина для сварки цилиндрических тел

включается, и происходит сварка. При освобождении педали салазки переходят в свое верхнее положение и поднимают рычаг, прерывая ток в цепи трансформатора, исключая таким образом возможность пережога материала.

На рис. 13 изображена роликовая машина для сварки продольных швов в изделиях цилиндрической формы, производства завода Федераль. Верхний ролик передвигается в продольном направлении, а изделие закрепляется в нижних зажимах. В этой конструкции путь прохождения сварочного тока при любом положении верхнего ролика всегда одинаков благодаря специальной конструкции нижней планки, по которой передвигается ролик. Она, собственно, состоит из двух планок, соединенных на одном конце, а по всей длине изолированных между собой. В каком бы месте ни находился ролик, общая длина пути прохождения тока всегда равна двойной длине планки. Такая конструкция представляет с электрической точки зрения существенное преимущество. На этой машине мощностью в 350 *ква* можно сваривать цилиндры длиной в 2 *м*, диаметром от 250 до 900 *мм*.

Многие автомобильные заводы при изготовлении кузовов для приварки к ним многочисленных деталей пользуются переносной точечной машиной. Она очень удобна, допускает гибкость движений и ускоряет процесс сварки, заменяя подачу материала к машине подноской электродов к месту сварки. На одном только заводе Будд в Филадельфии установлено несколько сот таких переносных машин. Трансформатор подвешен на троссе или на рельсе, а непосредственно с трансформатором соединен аппарат, несущий электроды. Общий вид такой машины изображен на рис. 14.

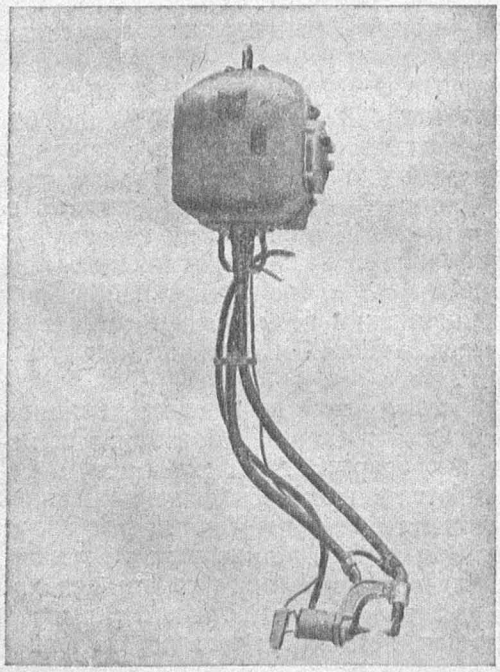


Рис. 14. Переносная точечная машина

За последние годы в автомобильной промышленности стали применять многоточ чные машины, дающие возможность сваривать листы сразу в нескольких точках. В этих машинах электроды не имеют уже формы точечных, как в одинарных машинах; они имеют плоскую форму большего или меньшего размера. Такие машины строятся значительно большей мощности, нежели простые точечные. Для возможности производства сварки одновременно в нескольких точках на одном из листов штампуются выступы. Через эти выступы проходит весь сварочный ток, и в этих местах происходит сварка.

На рис. 15 изображена многоточечная машина завода Тейлор Винфильд, которая строится на мощность от 200 до 250 *ква*. Габариты этой машины дают возможность сваривать довольно боль-

шие площади. Так как давление, необходимое для сварки, достигает в такого рода машинах значительной величины, доходя до 4 *т*, то во избежание прогиба нижней опоры она снабжена двумя прочными подкосами, длина которых может измениться в соответствии с положением самой опоры, могущей перемещаться в вертикальном направлении. Салазки, несущие верхний электрод, могут скользить в направляющих и приводятся в движение от мотора. Число ударов в минуту может колебаться от 7 до 54, в зависимости от толщины свариваемых изделий, и, конечно, в соответствии с амплитудой хода салазок. Давление осуществляется механически, посредством эксцентрика и рычажной передачи. Внутри машины имеется специальное приспособление, при помощи которого можно изменить величину хода салазок в пределах от 25 до 65 *мм*. Такая большая амплитуда дает возможность сваривать на этой машине изделия различной формы. Вместе с тем, при сварке плоских изделий ход может быть уменьшен и число сварок в минуту увеличено.

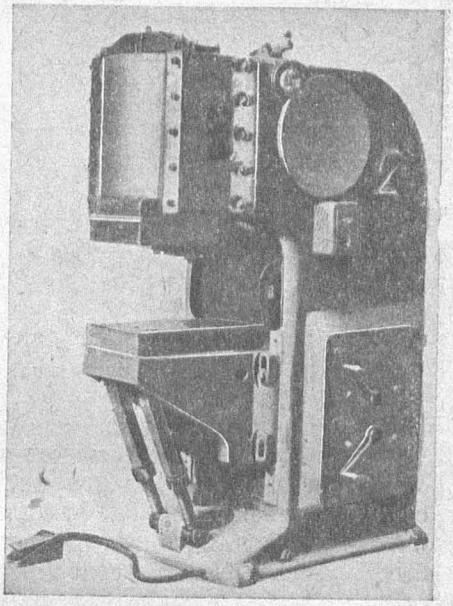


Рис. 15. Многоточечная машина фирмы «Тейлор Винфильд»

Рассматривая развитие не только специальных типов сварочных машин, но также стандартных точечных и роликовых, необходимо констатировать стремление американцев переходить к более мощным машинам, значительно увеличивающим производительность сварки. Этот переход к более мощным машинам тесно связан с вопросом о прерывании тока, с которым мы сталкиваемся в этих машинах. Удовлетворительное разрешение конструкций прерывателей дало большой толчок развитию новых точечных и роликовых машин.

Для точечной и роликовой сварки основными факторами, влияющими на качество сварки, являются: сила тока, давление электродов на изделие и время прохождения тока.

Сила тока регулируется выбором соответствующей ступени сварочного трансформатора; давление электродов — соответствующим давлением пружины. Выбор соответствующей ступени и силы давления не представляет особых затруднений и удается наладчику после нескольких пробных сварок, если, конечно, работа производится на машине соответствующей мощности.

Гораздо сложнее обстоит вопрос с регулировкой времени прохождения и прерывания тока.

В простейших конструкциях точечных машин эта регулировка производится вручную или, вернее, ногой сварщика, который в соответствующий по его мнению момент выключает ток, затем некоторое время держит изделие зажатым и, наконец, освобождает его.

В конструировании роликовых машин теперь уже отошли от применявшейся в прежнее время сварки без перерыва тока. В современных машинах сварка ведется с перерывами, так что в настоящем ее виде она представляет собой точечную сварку, при которой точки поставлены так близко одна от другой, что каждая последующая точка перекрывает предшествующую.

При такой сварке, как и в точечной, при постановке каждой точки необходимо на определенный промежуток времени включать, а затем выключать ток.

Обычно такое попеременное включение и выключение тока производится механически, посредством кулачка, приводимого в движение от мотора и действующего на прерыватель, включенный в первичную цепь сварочного трансформатора.

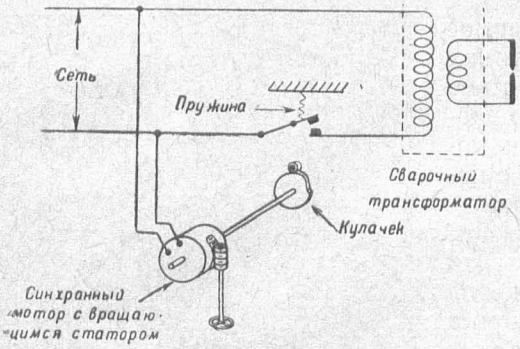


Рис. 16. Схема механического синхронного прерывателя

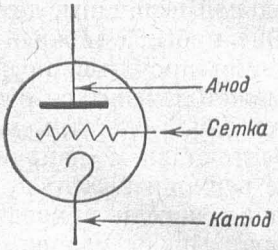


Рис. 17. Схема тиратронной трубки

Такой прерыватель может работать удовлетворительно при более или менее ощутительном времени сварки, когда механическая и электрическая инерция самого выключателя, как бы мала она ни была, составляет во времени лишь незначительную часть общего времени сварки. Но время прохождения тока должно быть минимальным из соображений экономических (большая скорость и производительность сварки) и технических (уменьшение окисления и коробления от тепловых воздействий).

Из опыта установлено, что для получения плотного и непроницаемого шва при прерывистой роликовой сварке необходимо ставить от 8 до 12 точек на 1 пог. дюйм (от 3 до 5 точек на 1 *пог. см* в зависимости от толщины листа). Поэтому очевидно, что для экономичной, а следовательно, и быстрой сварки число точек должно составлять несколько сот в минуту. Такое большое число перерывов, осуществляемое механическим путем под током, ведет к неизбежному искрению, износу контактов, ухудшению качества сварки и необходимости частой переустановки и смены контактов.

Для устранения этого недостатка некоторые производители контрольных приборов стали применять механические прерыватели, снабженные синхронным мотором. Это дает возможность регулировать момент включения тока, подгоняя его ко времени перехода тока через нуль.

Общее представление о таком прерывателе дает рис. 16.

Наиболее совершенный в настоящее время тип прерывателя разработан фирмой Дженераль Электрик — это так называемый тиратронный прерыватель. Он обладает рядом достоинств по сравнению с другими типами прерывателей и дает возможность прерывать ток несколько сот и даже свыше тысячи раз в минуту; установленный на определенный режим, он соблюдает этот режим неопределенно долгое время, впредь до изменения его, повторяя прерывание тока равномерно и систематически в точно установленные промежутки времени.

Основными элементами тиратронного прерывателя являются так называемые тиратронные трубки. Каждая такая трубка состоит из трех частей — анода, катода и расположенной между ними сетки, находящихся в замкнутой стеклянной трубке, наполненной парами ртути (рис. 17). Тиратронная трубка пропускает ток только в одном направлении (от анода к катоду) и в этом отношении представляет как бы обратный клапан для электрического тока. Но для того чтобы она пропускала ток, необходимо, чтобы потенциал сетки был положительным по отношению к катоду. Если потенциал сетки будет отрицательным по отношению к катоду, то, несмотря на значительную разность потенциалов на аноде и катоде, ток через трубку проходить не будет. При определенном, так называемом критическом, напряжении сетки, положительном по отношению к катоду, пары ртути ионизируются и начинают пропускать ток. Раз начавшееся течение тока через трубку не может быть остановлено сеткой, и она не оказывает на него никакого влияния. Но если прохождение тока будет прервано на время, достаточное

для того, чтобы пары ртути потеряли свою ионизацию, то новое пропускание тока через трубку возможно только при соблюдении первоначальных условий, т. е. при определенном потенциале сетки и определенном напряжении на аноде и катоде. Эта способность тиратронной трубки при определенных условиях пропускать и задерживать ток легла в основу использования ее для прерывания тока в сварочной цепи в точечных и роликовых машинах.

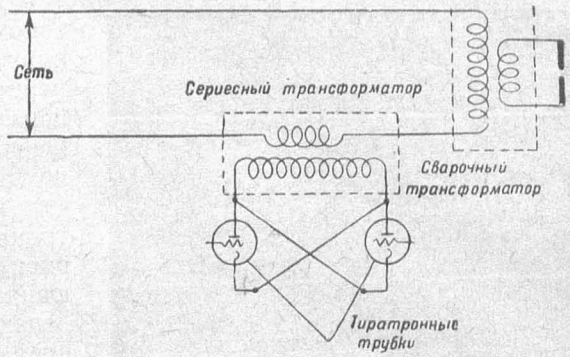


Рис. 18. Схема включения тиратрона

Так как тиратронные трубки строятся на небольшую сравнительно мощность (25 и не более 75 *а*), то для возможности их применения в сварочном процессе, где мы имеем дело с большими мощностями и силами тока, необходим добавочный трансформатор.

Как видно из рис. 18, представляющего принцип работы прерывателя, в первичную цепь сварочного трансформатора включается последовательно первичная обмотка так называемого сериесного трансформатора, вторичная обмотка которого имеет высокое напряжение — 2 200, 4 400 или 6 600 *в*, в зависимости от мощности трансформатора. Само собой разумеется, что поскольку через добавочный трансформатор должна пройти вся мощность сварочного трансформатора, то и мощность его должна быть равна мощности последнего. Если мы представим себе, что вторичная цепь сериесного трансформатора разомкнута, то первичная обмотка его будет представлять для сварочного тока индуктивное сопротивление (дроссель), и напряжение сети почти полностью будет поглощено этим сопротивлением. Поэтому напряжение в первичной обмотке сварочного трансформатора будет составлять лишь небольшую часть общего напряжения, и, следовательно, во вторичной цепи сварочный ток будет незначительным, и сварка окажется невозможной. Если же вторичная цепь сериесного трансформатора окажется замкнутой накоротко, то напряжение в первичной обмотке сварочного трансформатора составит 90—95% от общего напряжения сети. Благодаря этому во вторичной обмотке сварочного трансформатора появится ток достаточной силы для того, чтобы можно было осуществить сварку. Таким образом в тот промежуток времени, когда вторичная цепь сериесного трансформатора разомкнута, сварка не производится, она происходит лишь при замыкании цепи. В тиратронном прерывателе размыкание и замыкание вторичной цепи производится тиратронной трубкой. Если во вторичную цепь включить одну тиратронную трубку, то сварочный ток будет проходить только в течение полупериода, ибо, как указано было выше, трубка пропускает ток только в одном направлении — от анода к катоду, т. е. на одной полуволне. Для того чтобы можно было пропускать ток дольше, чем в течение одного полупериода, в цепь включают не одну, а две тиратронные трубки, из которых одна работает на одной половине волны, а другая — на другой.

Если теперь установить контроль за временем, в течение которого трубки пропускают ток, и временем, в течение которого они его задерживают, и изменять это время соответственно условиям сварки, то задача точного чередования перерывов тока будет разрешена. Как уже указывалось выше, решающим фактором для пропускания или задерживания тока в трубке является потенциал сетки. Было указано также, что трубка не может задерживать прохождение тока, если он начал течь и течет без перерыва. Но если он прекратит свое течение на время, достаточное для деионизации паров ртути в трубке, то последняя его не пропустит вновь до тех пор, пока потенциал сетки опять не станет положительным по отношению к катоду. Так как при сварке мы имеем дело с переменным

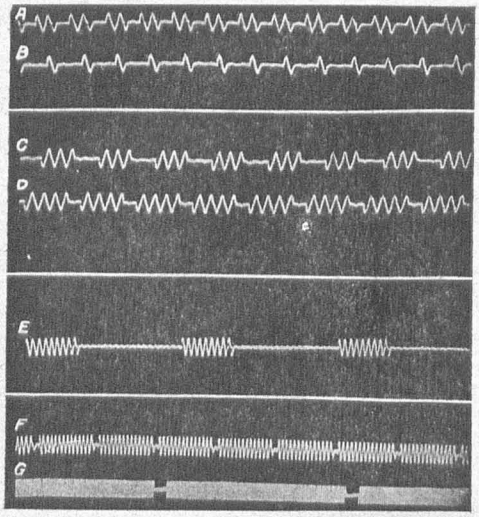


Рис. 19. Осциллограммы перерыва тока тиратронным прерывателем

током, фактически на мгновение останавливающим свое течение через каждые полпериода, то, регулируя соответственным образом напряжение сетки, можно в начале любой перемены (полпериода) прервать ток во вторичной обмотке.

Точность и чувствительность тиратронного прерывателя очень велики. На рис. 19 изображен ряд осциллограмм, дающих представление о тех широких пределах, в которых можно регулировать время прохождения и перерыва тока. Так, например, на этом рисунке на осциллограмме *A* время прохождения тока составляет 2 периода, время перерыва — 2 периода; дальше соответственно на осциллограмме *B* — прохождение — 1 период, перерыв—2; на осциллограмме *C*—3 и 2; *D*—4 и 1; *E* — 9 и 19; *F* — 13 и 2 *G* — 97 периодов прохождения тока и 7 периодов перерыва. Само собой разумеется, что никакой другой тип прерывателя не может дать такой точной дозировки. Особенно важно, как было уже отмечено выше, что эта дозировка продолжается неизменно до тех пор, пока установленный режим не будет изменен.

На рис. 20 изображены точки, сваренные в течение различного времени прохождения тока. При сварке в течение 1 сек. вокруг точки образовалась значительная зона нагрева металла. При сварке в течение $^1/_5$ сек. (вверху) эта зона меньше, а при сварке в течение одного периода ($^1/_{60}$ сек.) она совершенно отсутствует.

Сварка произведена на листах из нержавеющей стали 18/8 хрома (18% и 8% никеля).

Совершенно своеобразный и чрезвычайно интересный способ точечной сварки нержавеющей стали разработан фирмой Эдв. Будд К° в Филадельфии.

Этому методу фирмой дано название «мгновенной сварки», точнее «сварки выстрелом» (shot welding).

Этот метод сварки представляет собой разновидность точечной сварки, совершаемой с чрезвычайной быстротой в течение полупериода ($^1/_{100}$—$^1/_{120}$ сек.). При такой быстроте вокруг места сварки не получается никакого перегрева и изменения цвета (так называемой короны) и почти совсем не изменяется структура металла (рис. 20). Последнее особенно важно при сварке нержавеющих сталей.

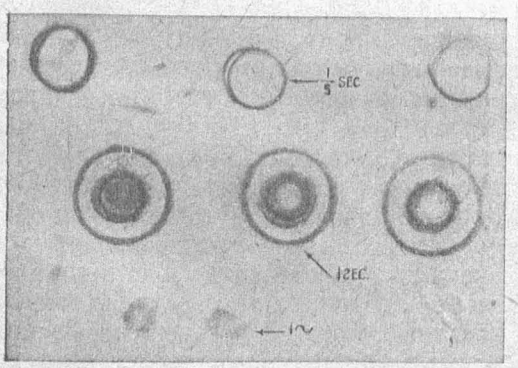


Рис. 20. Точки, сваренные при перерыве тока тиратронным прерывателем

Разработанный этой фирмой сварочный аппарат состоит из двух частей: собственно сварочной машины, расположенной или подвешенной недалеко от свариваемого объекта, и из переносных сварочных клещей, снабженных двумя точечными электродами, зажимающими изделие сжатым воздухом при нажатии сварщиком кнопки.

Существенной частью аппарата является контрольное приспособление.

Перед началом сварки изделия определенной толщины подбирается режим, устанавливающий пределы силы тока и электроэнергии. Они намечаются на движущейся в аппарате бумажной ленте

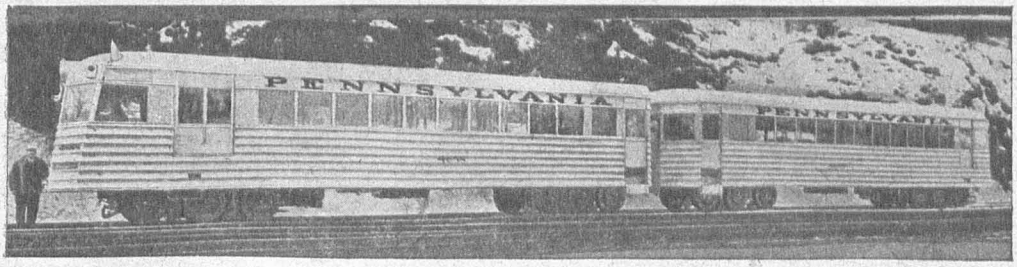


Рис. 21. Железнодорожные вагоны, сваренные методом мгновенной сварки

двумя параллельными линиями. При выходе за эти пределы специальный звонок сигнализирует о нарушении установленного режима. По этому звонку сварщик прерывает работу, а наладчик выясняет и устраняет дефекты. Так как весь процесс сварки автоматически записывается, то по характеру кривых можно легко и точно обнаружить дефектную точку. Точки располагаются на расстоянии 10—15 *мм* одна от другой. В случае выявления дефектной точки по обеим сторонам ее для усиления ставят по две добавочных точки.

Таким методом мгновенной сварки завод Будд изготовляет весьма сложные и ответственные изделия. Само собой разумеется, что изготовление точечной сваркой конструкций, несущих большие статические и динамические нагрузки, требует совершенно безукоризненной и надежной работы. Эта надежность гарантируется описанным выше специальным сигнальным приспособлением и автоматической записью, характеризующей качество сварки в каждой отдельной точке. Кроме того, возможность при такой быстроте сваривать только детали малой толщины предъявляет особые требования к самому материалу и к конструкции изделия. При изготовлении продукции завода, главным образом авиационных деталей, применяется описанная выше нержавеющая сталь 18/8 в виде холодно катанных тонких полос. Холодная прокатка повышает значительно временное сопротивление материала, доводя его до 12—15 тыс *кг/см*^{2}. Естественно поэтому, что при таком качестве материала можно ограничиться минимальными толщинами. Что касается конструкции отдельных деталей, то они большей частью выполняются штампованными, благодаря чему им, несмотря на малую толщину, может быть придана большая жесткость.

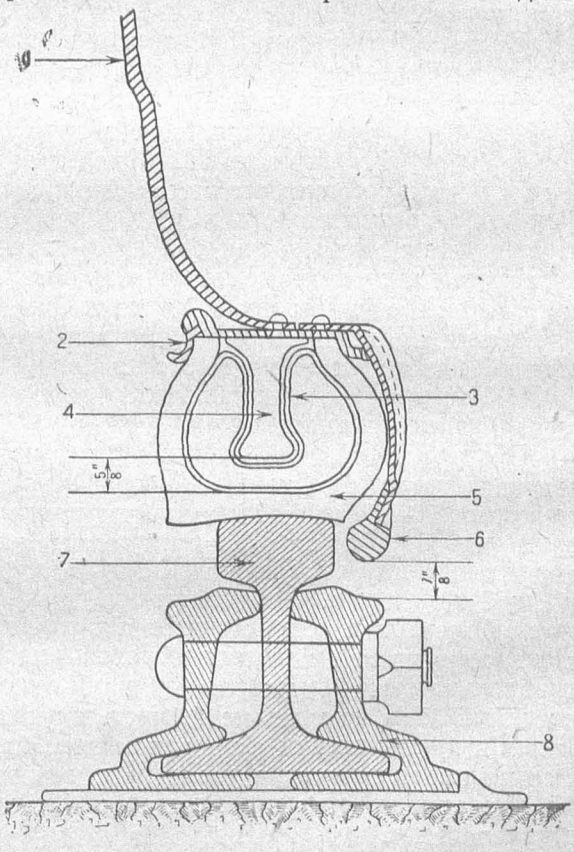


Рис. 22. Колесо железнодорожного вагона; *1* — стальное колесо; *2* — запорное кольцо; *3* — внутренняя трубка; *4* — алюминиевое кольцо; *5* — резиновый башмак; *6* — стальной борт; *7* — стальной рельс; *8* — накладка

Кроме самолетов, завод Будд выпустил также заготовленные из нержавеющей стали несколько железнодорожных пассажирских вагонов, вместимостью 46 чел. (рис. 21).

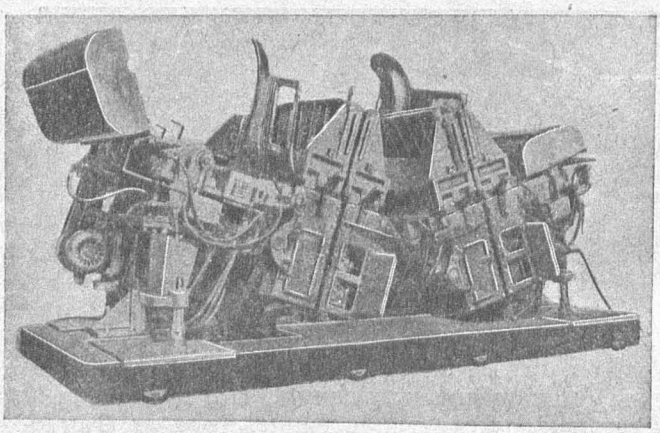


Рис. 23. Стыковая машина для сварки боковин и задней стенки кузова автомобиля

Мне удалось видеть эти вагоны — один в процессе изготовления, а другой почти законченный. Внешний вид вагона поражает чистотой и красотой отделки — это полированная нержавеющая сталь. Размеры вагона: длина 15 *м*, ширина 3 *м* и высота 2,3 *м*. Весь вагон, включая раму, сделан из тонких полос нержавеющей стали, толщиной не более 2,5 *мм*. Он приводится в движение дизелем мощностью 125 л. с., работающим на динамо, Большой интерес представляет конструкция колеса. Оно имеет резиновые пневматические шины, но ходит по железнодорожным рельсам [1] (рис. 22).

Само собой разумеется, что такая продукция, характеризующая большие возможности этого нового метода, имеет пока лишь показательный характер. Кроме двух находившихся в стадии изготовления вагонов пока выпущен только один вагон.

На разработку этого метода сварки завод потратил свыше 3 лет и несколько сот тысяч долларов. Метод строго засекречен.

Аналогичное стремление к большим скоростям сварки наблюдается также в области стыковых машин. Механическая часть этих машин отличается особенной сложностью. Закрепление свариваемых частей производится большей частью пневматически: осадка (сжатие) в момент сварки — моторная или гидравлическая. Само собой разумеется, что и здесь при управлении машиной роль сварщика ограничивается только закреплением изделия и включением тока. Включение тока и осадка происходят совершенно автоматически. Примером такой современной стыковой машины может служить машина для сварки двух боковин и задней стенки автомобиля, изображенная на рис. 23. Время чистой сварки этих изделий составляет не более 3 сек. Мощность машины 450 *кв*.

На контактных машинах можно, кроме сварки, производить также и нагрев изделий электрическим током.

Процесс контактной сварки состоит из двух операций — нагрева концов изделия до сварочного жара и следующего за ним сжатия или осадки, во время которой, собственно, и происходит сварка. Если после включения тока не применить осадки, то получится только нагрев. Этот нагрев был использован за границей для специальной цели — нагрева пруткового материала и последующей высадки на нем утолщения, в частности для электровысадки головок автомобильных и авиационных клапанов. Принцип работы и схема такой электровысадочной машины изображены на рис. 24. Высаживаемый пруток закладывается в зажим *3*, упираясь одним концом в наковальню *2*. Ток подводится к зажимам *3* и наковальне *2*, часть прутка, выступающая из зажимов, нагревается и при движении бабки по винту *4* подается к наковальне, в результате чего начинается высадка утолщения, принимающего форму сферической бульбы. Существует несколько типов таких машин, большей частью работающих гидравлически.

---

[1] Быть может, нелишним будет подчеркнуть один штрих, характеризующий американскую «демократию». Один из архисовременных железнодорожных вагонов, предназначенный для дороги в южных штатах, где проживает много негров, имеет два отделения: одно для белых и другое для негров.

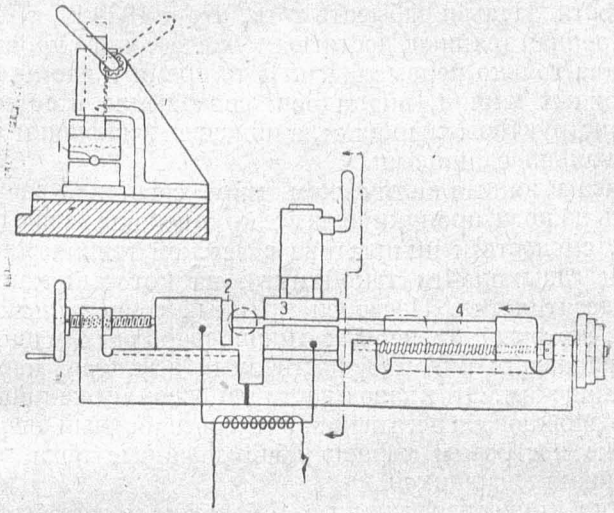


Рис. 24. Схема электровысадочной машины

Все эти машины, запатентованные лишь в последние два года, не имеют еще производственного характера. Они работают по одной штуке на 2—3 заводах США, высаживая автомобильные клапаны.

Преимущества такого метода изготовления клапанов — меньшее количество брака по сравнению с клапанами, изготовляемыми на ковочных машинах после нагрева прутков в печи, благодаря более равномерному нагреву и отсутствию окалины.

Мы постарались осветить в настоящей статье состояние электросварочного дела за границей в последние годы, в период кризиса. Необходимо констатировать, что сварочная техника за границей в настоящее время находится все же на достаточно высоком уровне.

Однако этот высокий уровень техники и все новейшие достижения имеют лишь потенциальный характер, так как в существующих капиталистических условиях они не могут быть полностью использованы. Мощность современного производственного аппарата не находит для себя выхода на чрезвычайно суженной базе потребления.

Все приведенные выше усовершенствования и достижения, за исключением электродного дела, остаются достижениями экспериментального порядка и не могут в современных условиях кризиса найти применение в производстве.

Наиболее совершенные контактные машины выпущены в единственных экземплярах, и на них в большинстве случаев производятся лишь опытные работы. Количество выпущенных за последние два года на рынок тиратронных прерывателей, несомненно открывающих широкие возможности для точечной и роликовой сварки, не превышает полусотни. Размещены они главным образом в лабораториях и экспериментальных отделах заводов, и только по нескольку штук в цехах заводов Форда и Будд.

Анализируя движение экономического кризиса в капиталистических странах, т. Сталин в том же докладе XVII съезду партии указывает, что «...в настоящее время не существует таких данных, прямых или косвенных, которые бы говорили о наступающем подъеме промышленности в капиталистических странах. Более того, судя по всему, таких данных и не может быть, по крайней мере в ближайшее время».

Если современные достижения сварочной техники не могут найти себе широкого применения за границей, то нашей промышленности необходимо тщательно изучить их и максимально использовать.

В течение первой пятилетки сварочная техника в нашем Союзе бесспорно сделала огромные успехи и сыграла немалую роль в общем деле реконструкции

нашей промышленности. Нельзя забывать того, что к 1929 г., т. е. к началу мирового кризиса, сварочная техника, достигшая уже высокого уровня за границей, в нашем Союзе делала только первые шаги. В то время у нас не было ни доброкачественных сварочных машин, ни кадров: совершенно отсутствовали технически грамотные конструкторы-сварщики, а инженеры-сварщики по всему СССР насчитывались буквально единицами.

За время кризиса в капиталистическом мире советской сварочной технике удалось прочно стать на ноги, проникнув на все крупнейшие заводы и новостройки. Отсутствие рутины, смелость и инициатива советской технической мысли дали возможность за эти годы пройти такой путь, на который капиталистические страны потратили десятилетия. Построен крупный современный завод сварочного оборудования, который от первых типов сварочных машин германского происхождения, страдавших рядом существенных дефектов, перехо дит к более совершенным американским. Этот завод частично освоил уже производство автоматов и даже такого сложного агрегата, как электросварочный блюминг. На крупнейших заводах уже построены хорошо оборудованные цеха, обслуживаемые сотнями, даже тысячами сварщиков.

Вторая пятилетка ставит перед нами еще большие масштабы хозяйственного и промышленного строительства. Во второй пятилетке СССР должен стать технически самым передовым государством в Европе.

Завершение технической реконструкции народного хозяйства и на этой основе мощное развертывание производительных сил страны позволят осуществить дальнейший подъем благосостояния рабочих и колхозных масс и достигнуть конечной цели второй пятилетки — построить бесклассовое общество.

Тов. Молотов в своем докладе на XVII съезде сказал, что «...мы ставим своей задачей обеспечить проведение технической реконструкции народного хозяйства собственными силами советского машиностроения».

В том грандиозном плане советского машиностроения, который приведен в докладе т. Молотова, в установке на широкую механизацию трудоемких и тяжелых процессов сварочное дело несомненно найдет себе широкое и благодарное поле деятельности. Осуществление дела технической реконструкции требует упорной борьбы за овладение новой техникой. Практические результаты этого овладения техникой найдут свое отражение в росте производительности труда и снижении себестоимости продукции. В борьбе за овладение новой техникой мы должны самым широким образом использовать все достижения заграничной техники.

Мы должны также перенять у заграницы то внимание к научно-исследовательским работам, которое, как мы видели выше, не ослабело даже в период самого жестокого кризиса.

Тов. Молотов сказал: «Нам пришлось многому учиться у иностранной техники, у иностранных специалистов. Эта учеба не пошла впустую... Во второй пятилетке в деле технического перевооружения хозяйства мы уже в значительной мере будем опираться на достижения советской техники». Эта научно-техническая работа особенно важна в молодом сварочном деле, где выдвигается ряд проблем, от разрешения которых зависит успешная борьба за дальнейшее его расширение и качество.

Мы должны взять наиболее интересные достижения заграницы, освоить их в дальнейшей научно-технической и практической работе, дополняя и приспособляя их к нашим советским условиям. Тогда мы выполним поставленную перед нами задачу — стать в области техники наиболее передовым государством в Европе.

А. МОСКВИТИН

Проблема электроотбойного молотка

(Историческое освещение)

«Завершить в основном механизацию всех трудоемких и тяжелых процессов в промышленности» — такова задача, поставленная XVII съездом партии. Для выполнения этой задачи, кроме внедрения тяжелых и мощных машин, обязательно потребуется усилить внимание к производству и использованию мелких машин, служащих для замены всех видов ручного труда механическим. Механизация разнообразных видов ручного труда разрешалась у нас в период первой пятилетки в незначительной степени. К тому же техническая основа этой механизации не соответствовала общему характеру технического перевооружения страны на базе электрификации. К сожалению, вопрос о так называемой легкой механизации до сих пор не пользовался у нас вниманием электропромышленности.

Курс на преимущественное применение для легкой механизации пневматического инструмента нельзя считать правильным при общем курсе на полную электрификацию всей нашей промышленности. Такая установка может привести к весьма большим потерям в народном хозяйстве, так как электрический ручной инструмент при одинаковой первоначальной стоимости и меньших затратах на проводку энергии дает громадную экономию в эксплоатации. Пневматический инструмент расходует на одну лошадиную силу в час около 60 коп., а электрический — только 4—5 коп.

Лишь в последнее время замечается усиленное внимание рабочей и инженерно-технической общественности к проблеме электрического отбойного молотка — одного из наиболее употребительных орудий легкой механизации угольной промышленности.

Однако, кроме угольной промышленности, электрический молоток должен иметь весьма большое значение в монтажно-строительном деле (обработка камня, пробивка дыр и т. п.), в слесарном деле (обрубка, резка зубилом, клепка), в литейном деле (трамбовка), в железнодорожном деле (шпалоподбойка), в строительстве мостовых (трамбовка, лом), в судостроительном деле (клепка, отбивка ржавчины), как средство тяжелой механизации в кузнечном деле и во многих других отраслях тяжелой и легкой промышленности. Иногда значение этой проблемы для каменноугольной промышленности умаляют, противопоставляя ей проблему тяжелой механизации при помощи врубовых машин и угольных комбайнов или, наоборот, чрезмерно раздувают, считая, что будущее механизации угольной промышленности — в отбойных молотках. Как та, так и другая тенденция одинаково вредны, и такая постановка вопроса «врубовка или отбойный молоток» принципиально неправильна. В угольной промышленности, так же как и в других областях промышленности, должны иметь место тяжелая и легкая механизация, так как эти два вида не исключают, а дополняют один другой.

Таким образом проблема отбойного молотка приобретает особенно серьезное значение. Между тем до настоящего времени мы далеко не имеем еще всесто-

роннего разрешения этой проблемы. Электрические отбойные молотки пока еще слишком тяжелы и недостаточно мощны, чтобы на равных основаниях конкурировать с пневматическими. Все же следует заметить, что совершенствование в этой области идет быстрыми темпами и можно ожидать, что в недалеком будущем электрические молотки значительно приблизятся к пневматическим в отношении веса и мощности.

Это тем более важно, что пневматический молоток далеко не является идеальным решением вопроса. Как орудие легкой механизации он повышает производительность на одного рабочего всего в 2 раза (тогда как врубовка — в 4—5 раз).

В то же время пневматический привод неизбежно влечет за собой ряд серьезных недостатков. Это прежде всего низкий *КПД*; полезная мощность составляет всего около 12%, а по некоторым данным даже 8% от энергии, подведенной к компрессору, тогда как *КПД* рационально сконструированной электрической машины редко опускается ниже 70%. Кроме того, пневматическая проводка требует больших капитальных затрат и весьма тщательного ухода. Ввиду того что все остальное энергохозяйство в шахтах электрифицируется, эта пневматическая проводка, использующаяся только для отбойных молотков, ложится весьма большим добавочным расходом на общую стоимость эксплоатации. Эти недостатки особенно существенны в условиях СССР при нашем курсе на полную электрификацию.

Естественно, что изобретательская мысль упорно работает над созданием электрического отбойного молотка. В особенности усилился этот процесс за последние восемь лет. Однако за границей начавшееся было движение за электрический отбойный молоток, давшее типы «Синтрон» и «Сименс», сильно затормозилось кризисом. В СССР за последние три года уже имеется больше сотни предложений (число предложений, поступающих на отзыв в ВЭИ, доходит до 10 в месяц).

Это движение за советский электрический отбойный молоток было оформлено НИТО угольщиков, организовавшем в 1933 г. всесоюзный конкурс на разработку электрического отбойного молотка. Всего на этот конкурс было представлено 46 проектов.

Из этих предложений были премированы: два проекта автора этой статьи (магнитофугальный и резонансный), один проект группы ленинградских инженеров завода «Электродрель» (электромеханический — конструктор Николаев с соавторами) и проект инж. А. Сычева (электромеханический).

Итоги конкурса весьма показательны. Они говорят, во-первых, о том, что движение за электроотбойный молоток у нас приняло массовый характер и в него вовлечены рабочие и инженеры как из угольной промышленности, так и из общего электромашиностроения. В то же время изобретательство носит здесь по большей части характер кустарничанья, без серьезного предварительного изучения предшествующего опыта. Это объясняется, главным образом, почти полным отсутствием литературы по этому вопросу на русском языке. По этой причине, например, весьма большое число предложений было основано на принципе соленоида с прерывателем, приводимого в движение от бойка наподобие электрического звонка. На Западе этот принцип уже давно оставлен, так как практикой было доказано, что более или менее удовлетворительно могут работать только синхронные прерыватели, механически не связанные с бойком.

Много было предложено молотков с механизмом наподобие ударного механизма машины «Сискол», тогда как длительная практика эксплоатации показала, что этот механизм себя не оправдал.

Во-вторых, итоги конкурса, а также изучение заграничных материалов показывают, что изобретательство здесь ведется часто без учета опыта построения нормальных электрических машин, причем часто повторяются ошибки, давно обнаруженные и исправленные в нормальных машинах. Значительная часть неудач первых электрических молотков объясняется недостаточным вниманием к проблеме замкнутой магнитной цепи, несмотря на то, что в других существо-

вавших тогда (1890 г.) электрических машинах эта проблема была уже решена. Магнитный поток замыкался везде через железо и проходил по воздуху только в рабочем воздушном зазоре; никто уже не повторял ошибок первых трансформаторов Яблочкова с разомкнутой магнитной цепью (наподобие катушки Румкорфа). Между тем, в большинстве тогдашних молотков это обстоятельство не учитывалось. С внешней стороны соленоида магнитный поток замыкался через тонкий железный кожух, представлявший весьма большое магнитное сопротивление; вся конструкция по существу представляла просто соленоид с сердечником, т. е. машину с незамкнутой магнитной цепью. Вследствие большого магнитного сопротивления для такой машины требовался весьма большой намагничивающий ток, чрезвычайно усиливающий нагрев. Та же ошибка повторяется во многих советских предложениях.

Эти примеры, как и многие другие, показывают, что для успешного изобретательства в этой области так же, как и во всякой другой, необходимо предварительно изучить опыт предыдущих конструкций. Настоящий очерк имеет целью, кроме выяснения общих социально-исторических причин эволюции электрического молотка, показать и основные характерные технические черты его на разных этапах и наметить основные пути развития и применения его в СССР.

Основные движущие силы, этапы и пути развития электрического молотка

Все трудоемкие работы, перечисленные в начале статьи, в большей или меньшей мере требуют механизации их, однако в капиталистических странах эта механизация происходит не везде одновременно, — она осуществляется прежде всего в тех отраслях, где в данное время особенно сильно начинает ощущаться технико-экономическая необходимость в механизации и сильней всего проявляются выгоды от перехода к механизации. Основные преимущества механизации здесь те же, что и в других областях промышленности, — это:

1) повышение производительности на одно рабочее место, что особенно важно в производствах, связанных с работой в узком рабочем пространстве. Повышение производительности позволяет проходить узкие места ускоренным темпом;

2) меньшая потребность в рабсиле и меньшая зависимость от рынка труда;

3) общее повышение конкурентоспособности предприятия по мере повышения органического состава капитала (из-за снижения себестоимости производства);

4) повышение качества продукции и большее удобство пользования механизированным инструментом по сравнению с ручным;

5) возможность обработки крупных деталей, размеры которых все более увеличиваются по мере роста концентрации капитала.

Иную принципиальную основу, иной размах имеет механизация в СССР, целиком становясь орудием облегчения труда, освобождая рабочего от тяжелого физического труда.

Механизация, основанная на электрификации, обладая всеми общими преимуществами механизации, имеет по сравнению с другими методами еще добавочные преимущества: удобство распределения и передачи энергии, ее дробимость и высокий *КПД* электрических двигателей. По удобству дробимости с электрической передачей может конкурировать только пневматическая, однако последняя гораздо сложней, дороже и имеет гораздо более низкий *КПД*. Полезная мощность пневматического молотка составляет всего 8—12% от мощности, подведенной к мотору компрессора; соответствующий *КПД* электрических молотков составляет в старых типах около 30%, а в современных — до 65%.

Стоимость энергии и ее передачи становится все более важной слагающей себестоимости продукции в современном предприятии. Поэтому естественно,

что как раз в последнее время усиленно обсуждается вопрос об электрическом молотке для легкой механизации даже в условиях капиталистической действительности, где возможности механизации в последние годы особенно сильно сужены кризисом. В развитии электрического молотка можно наметить следующие основные этапы. Первый, который можно назвать эпохой предшественников электрических молотков, продолжался примерно с 1825 г. по 1879 г. На этом этапе молотки не получили еще промышленного применения, несмотря на то, что основной элемент их — электромагнит — был уже известен и применялся для связи и сигнализации.

С 1879 г. примерно по 1910 г. продолжалась эпоха первых промышленных электрических молотков (главным образом электробуры в горной промышленности). Этот период во всей электротехнике характеризуется постепенным распространением большого числа разрозненных карликовых электрических станций и первыми попытками электрификации отдельных производственных процессов без комплексной электрификации всего производства. На этом этапе применялись главным образом синхронные соленоидные молотки с питанием от отдельного генератора низкой частоты.

Третий этап с 1910 г. по 1920 г. совпадает с появлением общей электрической сети и характеризуется распространением легкого электрического молотка, питающегося от общей сети и применяющегося в разнообразных отраслях промышленности. В этот период распространение получили главным образом легкие синхронные молотки с синхронными переключателями или электролитическими выпрямителями.

Примерно с 1920 г. успехи физических наук позволили сконструировать молотки с газотронными, а позднее — с купроксовыми выпрямителями, которые занимают теперь первенствующее положение.

В 1925 г. в связи с общей электрификацией горной промышленности начинаются все более настойчивые попытки применить электрический молоток для отбойки угля и примерно с этого же года начинается упорная борьба за молоток без всяких переключений, выпрямителей и тому подобной аппаратуры (так же как и во вращающихся машинах — борьба за короткозамкнутый двигатель без всякой аппаратуры). С одной стороны, в результате этой борьбы появилась конструкция электромеханического молотка Сименса, а с другой стороны, молотка Bewi для весьма мелких работ. Надо надеяться, что в результате работ советских конструкторов начнется современный этап в развитии электрических молотков, характеризующийся весьма простой конструкцией, дешевизной, работой от общей сети без выпрямителей и преобразователей и достаточно легких для ручной работы и для успешной конкуренции с пневматическими отбойными молотками. Этот этап будет характеризоваться широким внедрением электрического молотка прежде всего в угольную промышленность, а затем в монтажное и строительное дело, в железнодорожное строительство и другие области промышленности.

Два пути развития электрического молотка

Изучение истории электрического молотка показывает, что развитие здесь шло одновременно по двум принципиально различным направлениям.

В молотках первого типа—электромеханических—удар получается за счет вращательного движения обыкновенного электродвигателя, при помощи той или иной механической передачи.

В молотках второго рода, которые мы условно называем соленоидными, или молотками с прямолинейными моторами, нет никакой механической передачи. Возвратно-поступательное движение бойка происходит в них просто за счет действия тех электромагнитных сил, которые в обыкновенных моторах создают вращательное движение.

Автор настоящей работы показал, что все типы соленоидных молотков по существу представляют собой электрический двигатель прямолинейно-возвратного движения, сращенный с машиной-орудием. Движение их происходит по тем же законам, что и движение вращающихся моторов, мощность на единицу веса может быть не ниже, чем у вращающихся моторов, и, наконец, развитие этих моторов шло по тем же путям, что и вращающихся моторов, и дало те же основные группировки: 1) молотков с переключателями (соответственно коллекторным двигателям постоянного и переменного тока), 2) синхронных и 3) асинхронных. Из этих группировок значение получили только две последние.

В дальнейшем мы сначала рассмотрим эволюцию соленоидных молотков, затем вкратце проследим основные пути развития электромеханических молотков, сопоставим эти две системы и попытаемся сделать выводы о дальнейшем развитии электрических молотков и электрификации молотков в СССР.

Развитие соленоидных молотков

Предшественники электрических молотков

Электромагнит был одним из первых электрических приборов, изобретенных человеком (1825 г., Стерджен), однако промышленность в течение долгого времени оказывалась недостаточно подготовленной к тому, чтобы использовать этот прибор в качестве двигателя. Торговый капитал предъявляет спрос на электричество только как на средство связи и сигнализации, — появляются телеграф (электромагнитный Морзе, 1837 г.) и электрический звонок. Последний является наиболее ранним прототипом электрического молотка, и многие современные изобретатели начинают с конструкций, аналогичных электрическому звонку.

Первые соленоидные молотки (синхронные с питанием от отдельного генератора низкой частоты)

Первый электрический молоток был предложен Вернером Сименсом в 1879 г. Этот молоток предназначался для ударного бурения шпуров в горном деле. Дата появления молотка и его назначение весьма характерны. Эта дата совпадает с началом промышленного применения электрического двигателя (двигатель постоянного тока, асинхронный двигатель, 1887 г.) и знаменует ту стадию развития капитализма (эпоха империализма), на которой появилась потребность в электрификации. Этот период характеризуется бурным ростом изобретательства в области электрических машин, и совершенно неслучайно электромагнит, прослужив почти полстолетия как средство связи и как физический прибор, был, наконец, применен как двигатель для промышленности.

Первое применение электрический молоток получил при бурении шпуров в горной промышленности. Это легко понять, если учесть, насколько велика технико-экономическая необходимость электрификации молотка именно в этой отрасли промышленности.

В горной промышленности, в особенности при проходке шахт и штолен (а также тоннелей), особенно остро стоит вопрос узкого места. Все основные работы при этом сосредоточены на весьма небольшой площади переднего конца штольни или тоннеля. Скорость проходки нельзя увеличить добавлением рабочих; единственный возможный способ — повышение производительности на одно рабочее место. То обстоятельство, что при этом не был применен какой-либо паровой таран и т. п., объясняется удобствами передачи электрической энергии и ее дробимостью.

Техника проходки взрывным методом, для которой потребовался вновь сконструированный бур, состоит в том, что в забое проходимой штольни делают при помощи буров много отверстий (диаметром около 44 *мм*, глубиной около 1 *м*), в глубину которых закладывается взрывчатое вещество. Сверху отверстия

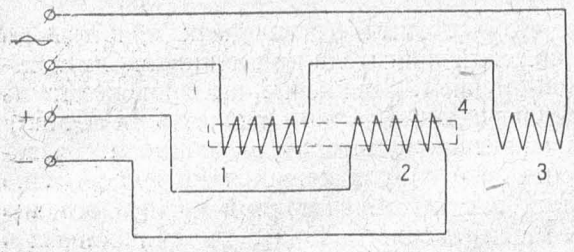


Рис. 1. Первый соленоидный молоток Сименса

заделываются инертным заполнителем. Затем производится паление шпуров и уборка породы, после чего цикл повторяется. Подсчеты показали, что на паление и уборку породы уходит гораздо меньше времени, чем на бурение шпуров; поэтому основное внимание было направлено на ускорение этой операции. Этого можно было достигнуть возможным увеличением числа одновременно работающих буров (дробимость энергии) и повышением мощности каждого бура. Всем этим требованиям (повышение мощности на рабочее место, дробимость энергии, удобство передачи при высоком *КПД*) наиболее полно отвечает электрический молоток. Его «конкурент» — пневматический молоток — менее рентабелен, так как имеет втрое-вчетверо меньший *КПД*, и разница в расходе энергии составляет значительную величину ввиду большого коэфициента времени работы молотка.

Первый соленоидный молоток Сименса схематически представлен на рис. 1. Он состоял в основном из трех соленоидов (катушек) *1*, *2* и *3* и железного бойка *4*. Среднюю катушку *2* питали постоянным током, а *1* и *3* — переменным (низкой частоты, около 7 пер/сек).

Этот молоток по существу представляет собой однофазную синхронную машину, только не вращающуюся, а двигающуюся прямолинейно-возвратно. Здесь катушка *2* играет роль обмотки возбуждения обыкновенной синхронной машины, а *1* и *3* — обмоток статора. Очевидно, боек *4* будет синхронно с частотой питающего тока попеременно втягиваться то в катушку *1*, то в катушку *3*.

Прежде всего возникает вопрос: почему этот молоток не был выполнен по принципу обыкновенного электрического звонка с прерывателем? Причина этого очень проста; как в то время, так и до сих пор не удалось еще сконструировать такой прерыватель к молотку, который надежно работал бы без обгорания контактов; из-за этого практически все молотки с прерывателем оказались нежизненными.

Очевидно, поэтому в конструкции Сименса и осуществлена основная идея — получить возвратно-поступательное движение без всяких прерывателей.

Молоток этот, однако, не получил применения в промышленности. Причина этого заключается, главным образом, в технических недостатках его конструкции. Основной недостаток состоял в том, что для питания молотка требовалось два рода тока — переменный и постоянный. Таким образом необходимо было иметь к молотку два генератора и вести отдельную проводку переменного и постоянного тока, что весьма усложняло и удорожало установку. Кроме того, синхронный генератор для требуемой низкой частоты получился очень тихоходным, а следовательно, тяжелым и дорогим. Третий и, вероятно, самый большой недостаток заключался в весьма большом нагреве, действие которого было особенно сильно потому, что в то время еще не была известна теплостойкая изоляция. Причина высокого нагрева объясняется просто, если рассмотреть этот молоток с точки зрения современного электромашиностроения. В молотке было слишком много меди и слишком мало железа; с внешней стороны катушек магнитный поток замыкался через тонкий железный кожух, т. е. в сущности через воздух. Таким образом по существу это была машина с разомкнутой магнитной цепью. Для того чтобы получить требуемую величину потока, необходимо было затратить большое количество ампервитков, т. е. пускать в катушки слишком большой ток. Интересно отметить, что эта техническая ошибка — применение разомкнутой магнитной цепи — была повторена и при построении первых трансформаторов, которые вследствие этого требовали чрезвычайно большого намагничивающего тока (в $2^1/_2$ раза больше, чем рабочий ток, тогда как в современных трансформаторах он составляет 10—7% от рабочего тока). Потерпев неудачу

с этим молотком, Вернер Сименс, как это ни странно, разочаровался вообще в идее соленоидных молотков, и в дальнейшем вся работа этой фирмы идет в направлении конструирования электромеханических молотков.

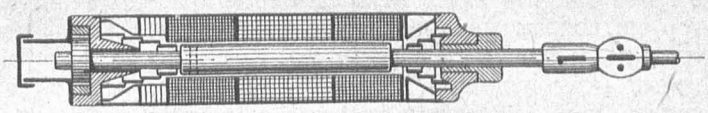


Рис. 2а. Молоток Depoele.

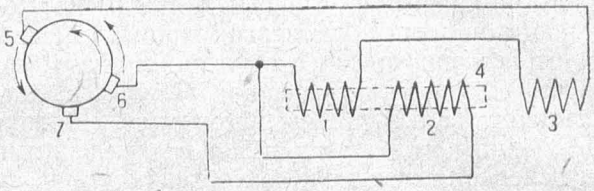


Рис. 2б. Схема включения молотка Depoele

Следующий соленоидный молоток был предложен Depoele (1891 г.) для той же цели бурения шпуров и применен венгерской фирмой. Этот молоток оказался более пригодным и был в работе приблизительно до 1898 г. Конструкция его показана на рис. 2а, схема включения на рис. 2б. Как видно из рисунков, это был также молоток с тремя катушками, однако значительно усовершенствованный по сравнению с первым молотком Сименса.

Основное усовершенствование состояло в том, что для питания этого молотка требовался только один генератор и притом быстроходный, а проводка осуществлялась по трем проводам. При этом ток в средней катушке получился пульсирующим, что, однако, не уменьшило величины удара. Специальный быстроходный генератор низкой частоты представлял собой вращающуюся машину постоянного тока с вращающимися щетками *5—6* и неподвижной щеткой *7*. Напряжение обусловливалось скоростью вращения машины, а частота переменного тока щеток *5—6* скоростью вращения этих щеток (400 об/мин). В цепи щеток *7—6* шел пульсирующий ток катушки возбуждения молотка.

Молоток Depoele просуществовал до 1898 г., после чего появился более совершенный молоток Marvin, точно так же примененный в горном деле.

Основное усовершенствование по сравнению с молотком Depoele состояло в том, что этот молоток (рис. 3а) имел только две катушки вместо трех; переменный ток, получаемый также от генератора с вращающимися щетками, распределялся между этими катушками при помощи коммутатора *5*, вращавшегося вместе со щетками. Как видно из рисунка, благодаря этому одна полуволна переменного тока шла в одну катушку, а другая — обратная — во вторую, и железный сердечник попеременно втягивался то в одну, то в другую катушку. Благодаря синхронному вращению коммутатора переключение тока происходило всегда примерно при переходе тока через нуль, вследствие чего уменьшалось искрение на переключателе и создавалась возможность длительной его работы. Такой принцип называется принципом синхронного переключателя и был применен также в некоторых других конструкциях.

Несмотря на наличие переключателя, молоток Marvin представляет собой по существу синхронную машину, как и все предыдущие конструкции. Это объяс-

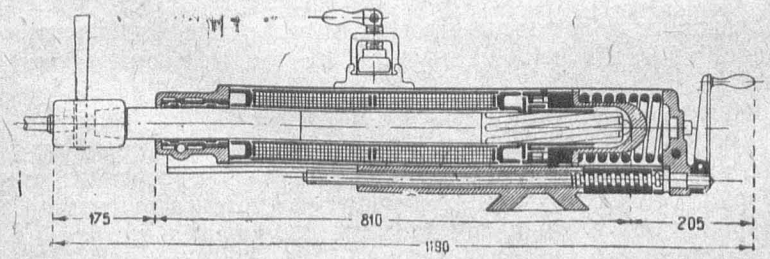


Рис. 3а. Молоток Marvin.

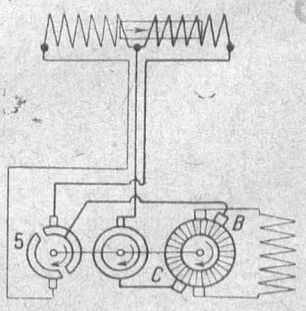


Рис. 3б. Схема включения молотка Marvin

няется тем, что здесь нет основного принципа коллекторной машины: коммутатор не связан механически с движущейся частью молотка. Роль недостающей третьей катушки возбуждения здесь играет постоянная слагающая тока катушек (как известно, пульсирующий ток можно разложить на переменную и постоянную слагающие). Молоток Marvin работал долгое время бесперебойно. Подробные подсчеты, произведенные Heubach, показали полную его рентабельность по сравнению с пневматическим молотком. При одинаковой производительности он потреблял энергии вчетверо меньше ($2^1/_2$ вместо 10 kW). Расходы на ремонт, особенно вредно отражавшиеся на работе молотков прежних конструкций, здесь были весьма невелики. Например, две катушки с слюдяной изоляцией выдержали без замены проходку 4 014 шпуров общей глубиной 4 000 *м*.

Все же этот молоток имел большие недостатки, тормозящие его распространение. Основной недостаток — необходимость в специальном генераторе низкой частоты с вращающимся переключателем, требующим наблюдения и ухода. Как показал опыт, полностью уничтожить искрение на переключателе не удается и в этой конструкции. Момент переключения твердо определен относительно фазы напряжения; но это еще не означает, что при этом ток будет переходить через нуль, так как фаза тока сильно зависит от степени нагрузки. Поэтому практически и такой переключатель искрит.

Второй недостаток заключается в слишком большом весе молотка — 93 *кг* при 2,5 kW подводимой мощности. По сравнению с вращающимися машинами вес на единицу мощности получается все еще слишком высоким, несмотря на то, что в молотке много меди.

Третий недостаток — сильный нагрев, объясняющийся низким *КПД* и закрытой конструкцией молотка. Все дальнейшие конструкции идут по пути устранения этих недостатков. Идеальным был бы такой молоток, который не требовал бы никаких переключателей, работал бы непосредственно от сети нормальной частоты, был бы достаточно легким и мощным и мало грелся бы. Следует подчеркнуть, что выгоды от электрификации особенно проявляются при комплексной электрификации всего энергетического хозяйства предприятия (укрупнение станций, большее использование сети). В данном же случае электрификация касается т о л ь к о о д н о г о у ч а с т к а — бурения шпуров,—тогда как все остальное хозяйство не электрифицируется, а общая сеть еще непоявилась.

Легкие электрические молотки с питанием от общей сети

По мере все более широкого внедрения электричества в промышленность и в быт, с развитием электрической сети примерно с 1910 г. начинаются попытки применения электрического молотка и в других отраслях промышленности; появляются молотки легкого типа для монтажно-строительных работ по камню, бетону и тому подобным материалам; такие же молотки появляются впоследствии и на металлообрабатывающих заводах (клепка, резка).

Все эти позднейшие (после 1910 г.) конструкции молотка характеризуются тем, что они приспособлены к питанию от общей сети (непосредственно или же через посредство преобразователя частоты).

Молотки этого периода относятся, главным образом, к с и н х р о н н ы м с с и н х р о н н ы м и п е р е к л ю ч а т е л я м и и с в ы п р я м и т е л я м и. Изредка появляющиеся молотки с выключателями не синхронного типа (постоянного и переменного тока) обречены на неудачу, так как проблема такого переключателя все еще не разрешена.

Из молотков этого периода отметим прежде всего молоток Schüler (Америка, 1912 г.). Этот молоток (рис. 4) имеет всего лишь одну катушку, в которую втягивается сердечник, выталкиваемый обратно пружиной при выключении катушки. Оригинальна форма сердечника, напоминающего молоток с рукояткой. Такая конструкция выбрана для уменьшения трения (нерационально: трение невелико и при прямолинейном движении).

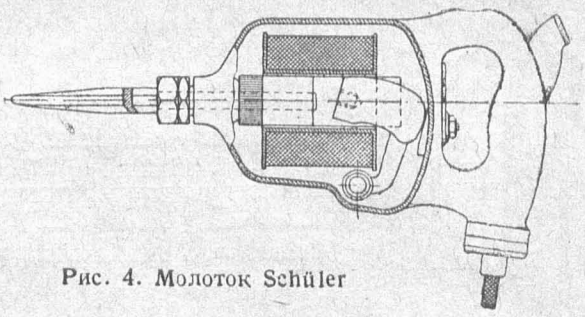


Рис. 4. Молоток Schüler

Характерные особенности этого молотка заключаются в прерывателе. Как мы уже отметили, в молотке Marvin не удалось полностью устранить искрение на коммутаторе при переключении тока. Здесь эта задача решается тем, что соленоид включается в момент, когда напряжение переходит через нуль, и выключается через целый период. В этом случае, как известно из теории нестационарных процессов, к моменту выключения ток обязательно равен нулю вне зависимости от условий нагрузки. Включение и выключение тока производятся при помощи вращающегося прерывателя, укрепленного на валу синхронного двигателя. Обратный путь молоток проходит под действием пружины за два периода. Таким образом молоток от сети 50 пер/сек дает 1 000 уд/мин.

Основные недостатки этой конструкции заключаются в необходимости ухода за вращающимся прерывателем.

Кроме того, такое относительно низкое число ударов не требуется для тех легких каменных работ, для которых предназначался этот молоток. Поэтому он скоро вышел из употребления и был заменен более эффективными молотками с большим числом ударов. Из этих последних отметим молоток Thauma (рис. 5), который благодаря относительной простоте и целесообразности своей конструкции имел довольно большое распространение (по 1929 г. было изготовлено около 4 000 штук). Он предназначался для монтажных работ, для обработки камня, а также для крупных гравировальных работ по металлу. Молоток состоял из двух катушек *1* и *2*, укрепленных на подковообразном магнитопроводе, и из якоря *3*, притягиваемого при включении соленоидов. Обратный путь якорь проходил под действием пружины после выключения соленоида.

Синхронный выключатель *4* был здесь вибрационный, а не вращающийся; соленоид включался на полпериода и полпериода был без тока. Таким образом число ударов составляло 3 000 уд/мин. Выключатель *4* монтировался на отдельной доске и представлял довольно точную деталь. Особенность его состояла в том, что при помощи винтов *5* можно было регулировать момент включения и таким образом добиваться безыскровой работы при различных нагрузках молотка.

Подковообразная форма магнитопровода была выбрана, повидимому, за тем, чтобы удобнее было выполнить его и якорь из расслоенного железа. Эта форма увеличивает, однако, габарит молотка в ширину и усложняет конструкцию.

Отметим также один американский патент этого периода, не нашедший, однако, большого применения: это был молоток с двумя катушками по типу Marvin, но с вибрационным переключателем вместо вращающегося. Этот молоток предназначался для работы от общей сети.

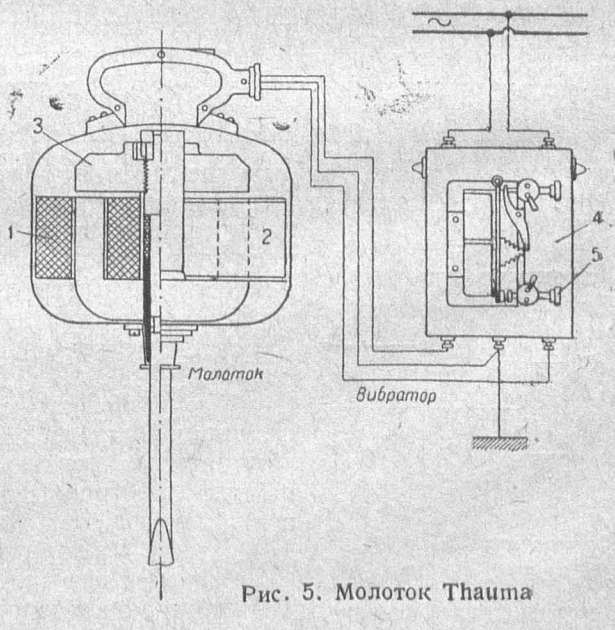


Рис. 5. Молоток Thauma

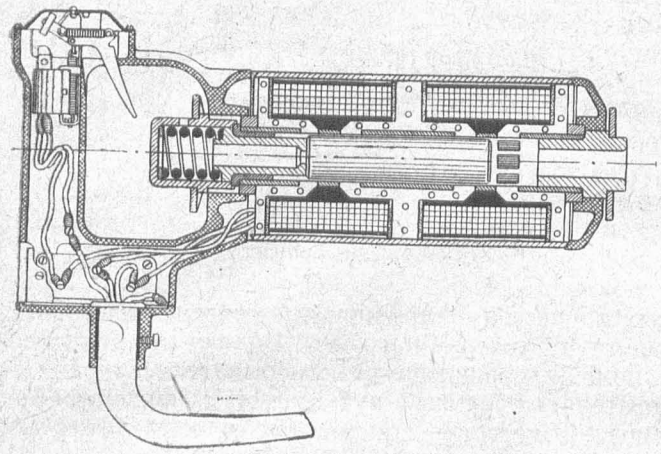


Рис. 6а. Молоток «Синтрон».

Повидимому, причина его малого распространения заключалась в сложности регулировки переключателя на безыскровую работу. Эта регулировка была довольно сложной уже в молотке Thauma при использовании одной полуволны.

Молоток с электролитическими и другими неподвижными выпрямителями

Во всех описанных молотках синхронный прерыватель был механический, т. е. основанный на механическом размыкании контактов.

Применение электричества в химической промышленности, особенно интенсивное в конце 1910 г., и появление городских сетей переменного тока привело к открытию электролитического выпрямителя. Начиная с 1910 г., он заменяет механический прерыватель во многих конструкциях электрических молотков. Такое устройство было предложено, между прочим, и Schüler в его конструкции молотка взамен вращающегося синхронного прерывателя: выпрямитель пропускал в соленоид только одну полуволну переменного тока, а при обратной полуволне соленоид оставался без тока и производился обратный ход якоря. Этот молоток от сети 50 пер/сек давал 3 000 уд/мин. Аналогичное устройство было предложено Schiemann. Однако громоздкий электролитический выпрямитель, требовавший ухода и содержавший жидкость, все еще не был окончательным решением вопроса о синхронном переключателе; он не мог успешно конкурировать с механическим синхронным прерывателем.

Предлагались также вращающиеся прерыватели с ртутной струей (Schiemann), однако не имевшие успеха.

Работы, связанные с высоковольтными передачами и с поисками источников холодного света, привели в середине 20-х годов к открытию выпрямляющего действия катодной трубки. Последняя чрезвычайно быстро получила широкое применение в технике и в быту, причем главной причиной этого развития было ее использование для военных целей, а впоследствии — для массового радиолюбительства.

Одно из ее видоизменений — трубки с накаливаемым катодом и неполностью выкачанным газом, так называемые «газотроны», получили применение и для молотков, так как, обладая вентильным (выпрямляющим) действием, они в то же время имели внутреннее сопротивление меньше, чем пустотные лампы. Это позволило применить их для техники сильных токов.

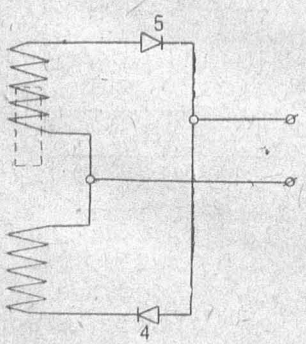


Рис. 6б. Схема включения молотка «Синтрон».

Такой молоток фирмы «Синтрон» (1923 г.) получил большое распространение (в десятках тысяч экземпляров).

Как видно из рис. 6а и 6б, в принципе это — конструкция Marvin. Молоток имеет две катушки: одну для прямого, другую для обратного хода, причем при помощи газотронных выпрямителей *4* и *5* одна полуволна питающего тока пропускается в одну катушку, а обратная — в другую.

Основное его преимущество по сравнению с предыдущими конструкциями состоит в том, что во всей

схеме молотка нет ни одной двигающейся части кроме бойка. Прерыватель здесь заменен выпрямителем, почти не требующим ухода. В последнее время газотронные выпрямители заменены купроксовыми.

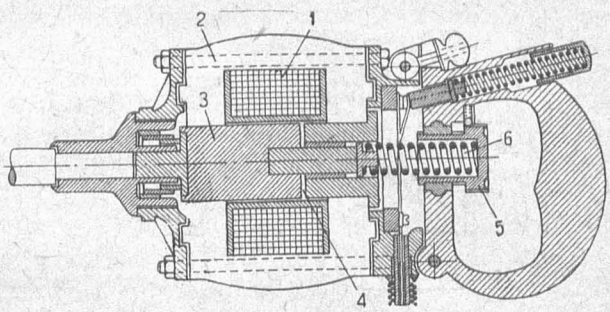


Рис. 7. Молоток Bewi

Этот молоток весьма распространен и в настоящее время и применяется при разнообразных работах, начиная от самых легких работ по камню и т. п. до средних (отбойный молоток, клепка) и тяжелых (шпалоподбойка). Вес самого легкого типа составляет 4 *кг*, потребляемая мощность 125 W. Вес самого тяжелого типа 20 *кг*, потребляемая мощность его 3 kW. Частота ударов этого молотка равна частоте питающей сети, т. е. при 50 пер/сек 3 000 уд/мин. Для средних и тяжелых молотков эта частота слишком велика, поэтому их питание производится от частоты 25 пер/сек через преобразователь частоты. Молоток «Синтрон», являясь одним из самых совершенных соленоидных молотков, все же имеет много недостатков и не представляет еще окончательного этапа.

Его основные недостатки: необходимость в выпрямителе (усложнение схемы, удорожание), а для тяжелых молотков — также в преобразователе частоты и отдельной проводке; тяжелый вес и большой нагрев. Два первые недостатка органически вытекают из принципа конструкции; последние в значительной степени объясняются недостаточным использованием типа как электрической машины.

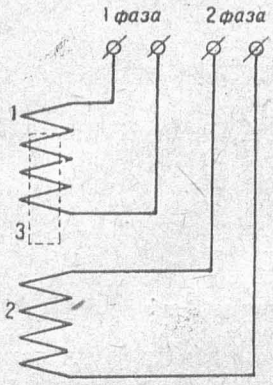
Соленоидные молотки с двойным синхронным числом ударов

Идя по пути упрощения схемы, некоторые изобретатели воспользовались тем обстоятельством, что при переменном токе сила втягивания сердечника в соленоид не остается постоянной, а дважды за период достигает максимума. Поэтому, если выталкивать сердечник из соленоида пружиной, то он будет дважды за период втягиваться и производить удар. Очевидно, при 50 пер/сек число ударов будет 6 000 в минуту. Для большинства работ это число ударов слишком велико, и поэтому такие молотки получили применение только для самых легких работ по камню.

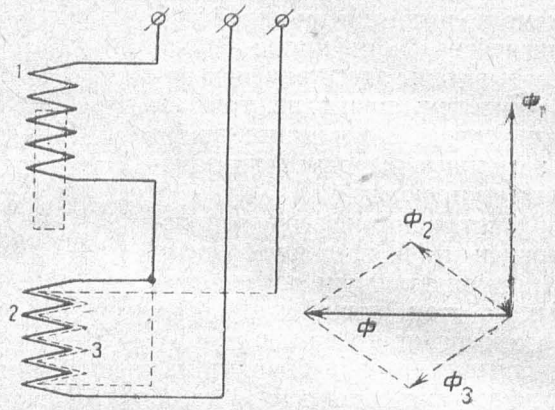
Типичным молотком такой системы является современный молоток Bewi (Италия).

Как видно из рис. 7, он имеет только один соленоид *1*, окруженный магнитопроводом *2* из расслоенного железа. Боек *3* из расслоенного железа имеет на концах насадки из стали, которыми он ударяет о рабочий инструмент. Воздушный зазор *4* очень невелик. При помощи гайки *5* можно изменять упругость пружины и таким образом регулировать силу удара. Удар в этой конструкции производится в периоды минимума тока за счет упругости пружины *6*, выталкивающей боек. Эти молотки применяются, главным образом, при обработке мрамора (Италия) и тому подобных работах. Вес наименьшего типа 1,6 *кг*, потребляемая мощность 50 W; вес наибольшего типа 6,1 *кг*, потребляемая мощность 250 W. Эти молотки имеют довольно большое распространение (до 1929 г. изготовлено около 2 000 штук). Основное преимущество их — простота схемы. Этот тип молотка представляется довольно хорошо разработанным с электромашиностроительной точки зрения (удовлетворительный магнитопровод).

Интересно отметить, что этот тип молотка не имел до сих пор аналогии во вращающихся машинах. Идя по пути аналогии, автор настоящей работы предложил конструкцию вращающегося двигателя без обмотки на роторе, дающего 6 000 об/мин.



Фиг. 8а. Двухфазный молоток



Фиг. 8б. Трехфазный молоток

Многофазные синхронные молотки. Принцип многополюсности

Некоторыми советскими и заграничными изобретателями предлагались конструкции соленоидных молотков с двумя катушками без всяких переключателей, причем (рис. 8а) одна из катушек приключалась к первой фазе двухфазной системы, а другая — ко второй. Вследствие того, что токи двухфазной системы взаимно сдвинуты во времени на $^1/_4$ периода, сердечник такого молотка будет поочередно втягиваться то в один, то в другой соленоид. Нетрудно видеть, что такое же действие можно получить, если сделать три катушки и питать их по схеме рис. 8б.

Основной недостаток такого молотка состоит в слишком большой частоте ударов. Молоток делает ход туда и обратно за время, равное $^1/_2$ периода питающего тока, т. е. при нормальном 50-периодном токе дает 6 000 уд/мин. Для большей части применений такая частота слишком велика. Ее можно было бы уменьшить, снизив частоту питающего тока, но для этого необходимо иметь: 1) преобразователь частоты, 2) отдельную проводку для молотков. Из-за этих недостатков такой метод практического значения не имеет.

Автор настоящей работы показал, что число ударов всякого соленоидного молотка, в том числе и этого, можно уменьшить, применив многополюсную магнитную систему вместо нормальной двухполюсной, как это схематически показано на рис. 9 (магнитопровод здесь не указан). Как видно из этого рисунка, в такой системе число ударов сердечника будет в P раз меньше; P — число пар полюсов. Этот способ применим ко всем молоткам как многофазным, так и однофазным.

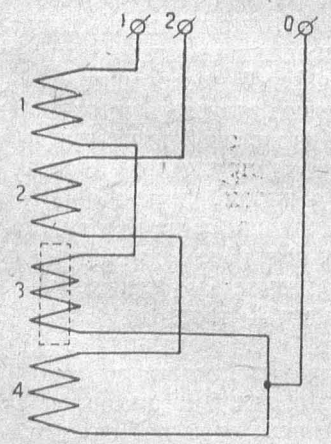


Рис. 9. Многополюсный молоток

Молотки с несинхронными переключателями

Все описанные молотки принадлежат к группе синхронных машин, так как у молотков с синхронным переключателем нет основного признака коллекторных машин — механической связи бойка с переключателем (коллектором). Однако можно легко сконструировать молоток, работающий аналогично коллекторной машине постоянного или переменного тока. В этих молотках переключатель (или выключатель) приводится в движение от бойка так же, как это происходит в электрическом звонке. Но ни одна из таких конструкций не имела успеха ввиду обгорания контактов прерывателя.

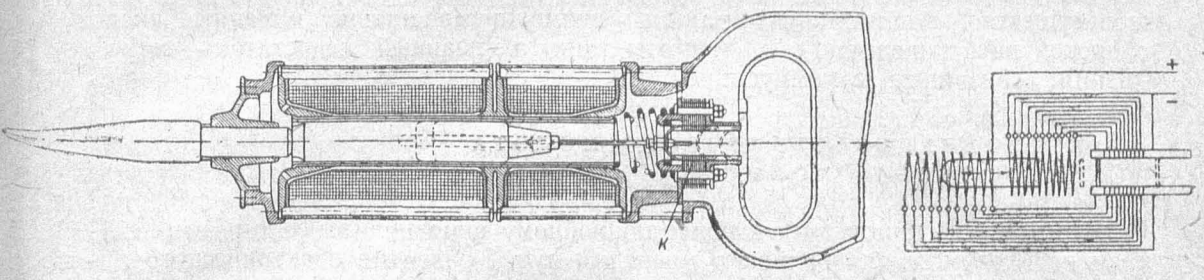


Рис. 10. Молоток Schlemann

На рис. 10 представлен молоток такого типа, предназначенный для постоянного тока (Schlemann). Он имеет две катушки, поочередно выключаемые для прямого и обратного хода бойка. Для уменьшения искрения выключение катушек происходит постепенно, причем секции одной катушки выключаются встречно секциям другой катушки. Переключатель *К* здесь имеет вид настоящего коллектора с прямолинейным движением щетки.

Основная причина неуспеха этой конструкции заключалась в сложности переключателя. Повидимому, также не удалось получить и совершенно безыскровой коммутации.

Кроме того, ввиду повсеместной электрификации на переменном токе, потребность в молотке постоянного тока была, повидимому, не особенно велика. Многие советские изобретатели шли по тому же пути. Одно из советских предложений, основанное на принципе электрического звонка, приведено на рис. 11.

Отметим также оригинальное предложение т. Старикова (рис. 12). Его молоток основан на известном явлении отталкивания вторичной обмотки трансформатора от первичной (явление Томсона). Молоток состоит из катушек *1* и *2*, приключаемых поочередно к сети при помощи переключателя *6*. Катушки укреплены неподвижно на керне *4* из расслоенного железа. По керну может скользить боек *3*, набранный из медных кружков. Таким образом боек по существу представляет вторичную обмотку трансформатора, замкнутую накоротко. При включении катушки *1* боек отталкивается от нее и скользит по керну вправо. Дойдя до крайнего положения, он задевает переключатель *6*, вследствие чего выключается катушка *1*, включается *2* и начинается ход влево.

Эта конструкция не имела успеха по двум причинам: 1) из-за обгорания переключателя и 2) из-за слишком большого тока соленоидов. Дело в том, что здесь движение происходит за счет потока р а с с е я н и я катушек, замыкающегося через воздух, т. е. по пути с большим магнитным сопротивлением. Поэтому для создания потока нужной величины требуется слишком большой ток.

Можно показать, что эта конструкция во вращающихся машинах аналогична коллекторным репульсионным двигателям переменного тока.

Все же теоретически молотки с несинхронными переключателями имеют то преимущество, что число ударов их не зависит от частоты питающего тока. Проведя аналогию с вращающимися машинами, видим, что эти молотки и по своим достоинствам и недостаткам вполне сходны с коллекторными машинами. Как известно, основное

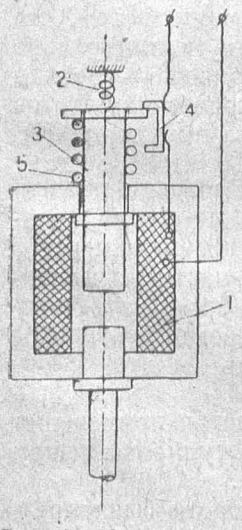


Рис. 11. Молоток соленоидный с прерывателем

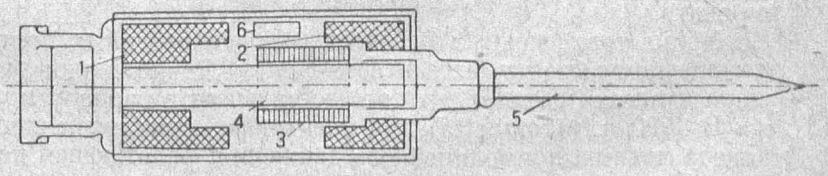


Рис. 12. Молоток Старикова

преимущество коллекторных машин — возможность плавно изменять число оборотов вне зависимости от частоты тока, а главный недостаток — затруднения, связанные с коммутацией.

Электрификация кузнечного молота и асинхронные молотки

Прежде чем приступить к более подробному описанию этого типа, мы считаем необходимым для большего уяснения путей развития электрического молотка отметить здесь некоторые основные этапы на пути общей механизации кузнечного молота.

Если не считать механических ступ для измельчения зерна, то механизация прежде всего коснулась кузнечного молота. Именно в этой области существовала наибольшая необходимость механизировать молот, чтобы получить возможность обрабатывать крупные детали, размер которых все более увеличивался по мере роста мощности агрегатов и предприятий. В той же области было проще всего произвести разделение труда (кузнец и молотобоец); таким образом, здесь коэфициент времени загрузки орудия был высок и особенно сильно сказывалась выгода механизации. Первые молоты такого рода приводились в движение силой воды и были известны еще в древности.

Широкая механизация кузнечного молота началась с эпохи промышленного капитала 1842 г. (характерно, что изобретен он был еще в 1784 г. Дж. Уаттом).

Механизация производства и появление паровых машин требовали от кузнечных цехов обработки деталей все больших размеров. Вместе с тем эти же факторы создавали не только необходимость, но и возможность перейти к паровому молоту.

Второй движущей силой в развитии паровых молотов был рост военной техники.

Как концентрация промышленности, так и развитие военного дела достигли наибольшего расцвета в эпоху империализма. В эту же эпоху и паровой кузнечный молот достиг высшей ступени развития в отношении распространенности в производстве и в отношении мощности отдельных единиц. Может показаться странным, что в то время как во всей промышленности эпоха империализма характеризуется развитием электрификации, в этой области намечаются еще только первые шаги к применению электрической энергии, несмотря на крайне низкий, выражающийся в долях процента *КПД* паровых молотов.

Основная причина этого отставания заключается, повидимому, в том, что при колоссальной мощности отдельных единиц в этой области не так сильно сказывается одно из главных преимуществ электрического привода — удобная дробимость энергии. Кроме того, существовавшие системы электрических молотов работали хуже паровых в отношении регулировки силы удара (что для кузнечных молотов имеет большое значение).

Все же можно констатировать, что кузнечный молот вполне созрел для электрификации. Здесь развитие изобретательской мысли пошло по линии асинхронных молотов. Такое направление объясняется следующими причинами.

Мы видим, что синхронные молотки требуют тем меньшей частоты, чем тяжелей молоток. Уже при весе 92 *кг* требовалась частота около 7 пер/сек. Тяжелый кузнечный молот, основанный на тех же принципах, потребовал бы частоты около 2 пер/сек. Такую частоту очень трудно получить и трансформировать.

Кроме того, важным недостатком рассмотренных принципов в применении к кузнечному молоту была невозможность точно и экономно регулировать силу удара в таких пределах, как это достигается в паровом молоте.

В 1920 г. (Trombetta) для электрификации кузнечного молота была предложена машина прямолинейного движения, работающая по асинхронному принципу. Достоинство такого молотка состоит в возможности получить любую низ-

кую частоту ударов при питании от сети нормальной частоты. Сущность этого молотка состоит в следующем.

Если мысленно разрезать статор и ротор многофазного асинхронного двигателя по образующей цилиндра и затем развернуть их на плоскость, то полученная машина сохраняет все свойства асинхронного двигателя, с той лишь разницей, что и статор и ротор примут прямоугольную форму, и поверхности, обращенные к воздушному зазору, из цилиндра превратятся в плоскости. В воздушном зазоре такой машины вместо вращающегося магнитного поля будет поле, бегущее в какую-либо сторону, почему эти машины большею частью называются магнитофугами. Это бегущее поле будет увлекать за собой плоский ротор, точно так же как в нормальном асинхронном двигателе. Направление движения поля зависит от чередования фаз, и для изменения хода ротора (бойка) достаточно переключить две фазы статора, так же как в нормальном асинхронном двигателе.

Такие машины были предложены для замены паровых молотов и эксцентриковых с электроприводом (Trombetta, 1920 г.). Несмотря на то, что устройство при этом получается очень простым, все же такие молоты не получили большого распространения.

Основной недостаток первых конструкций такого рода состоял прежде всего в слишком больших потерях в бойке, причем общий *КПД* в первой модели составил всего 7,2%. Соответственно затруднилось охлаждение, машина получалась тяжелой и дорогой. Причина таких больших потерь заключается в том, что здесь в отличие от нормального асинхронного двигателя скорость бойка (ротора) не остается постоянной, а меняется от нуля (после удара) почти до синхронной (после обратного и прямого хода). Если вспомнить, что потери в роторе нормального асинхронного двигателя в процентах от мощности равны скольжению в процентах, то становится понятным, что за время разбега бойка эти потери меняются от полной мощности молота (начало разбега) почти до нуля (конец разбега). В среднем потери за все время разбега составляют около половины мощности молотка, и поэтому теоретический средний *КПД* получается меньше половины.

Для уменьшения скольжения за все время хода бойка, очевидно, необходимо, чтобы синхронная скорость бегущего поля была как можно ближе к скорости бойка, т. е. чтобы эта синхронная скорость не оставалась постоянной, а менялась за время хода, постепенно увеличиваясь по мере разбега бойка.

Синхронная скорость бегущего поля (так же как вращающегося поля), как известно, выражается формулой

$$V = 2\tau f,$$

где τ — полюсное деление в метрах; f — частота питающего тока в пер/сек.

Отсюда видно, что изменять синхронную скорость в зависимости от положения бойка можно двумя путями: изменяя τ, или изменяя f. Первый способ — изменение τ — можно, в свою очередь, осуществить двумя путями. Первый состоит в том, что просто полюсное деление статора делается минимальным в нижней части статора, т. е. там, где боек движется в начале разбега, а в верхних частях полюсное деление увеличивается.

Второй путь состоит в том, что выполняют обмотку с переключением числа полюсов: в начале хода бойка переключают обмотку на большое число полюсов (т. е. с меньшим τ), а затем — на меньшее. Таким путем можно изменять скорость скачкообразно, причем наибольшие практически возможные пределы изменения скорости получаются 1 : 2 : 4.

Второй способ изменения скорости поля — изменение частоты f (и одновременно напряжения).

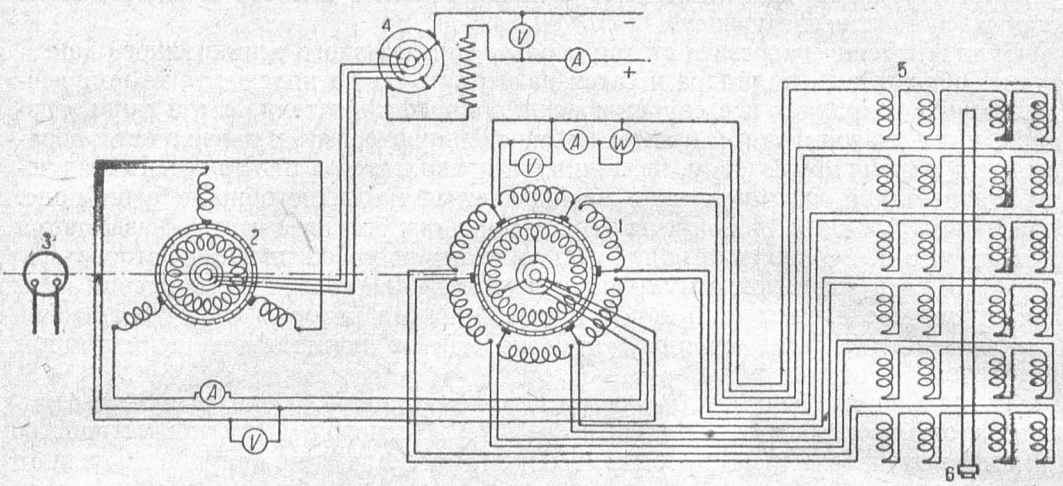


Рис. 13. Молоток Японьского

Магнитофуга при этом способе получается конструктивно проще всего; главный недостаток метода состоит лишь в том, что требуется какой-то преобразователь частоты. Такой молот (Японьского, 1924 г.) давал КПД около 65% (всей установки, включая преобразователь).

Общий вид установки изображен на рис. 13 (*6,5* — молот; *1* — *4* преобразователь частоты). Регулировка силы удара при этом способе получалась очень точной.

Несмотря на хорошие показатели, конструкция особенного распространения не получила. Главный недостаток — необходимость в особом преобразователе частоты и напряжения, который в этой схеме получился сложным, дорогим и требующим ухода. Когда будет разрешена проблема преобразователя (возможно в виде ртутного выпрямителя с управляемой сеткой), эти молотки сумеют получить распространение для тяжелых кузнечных установок.

Заметим, что в этом классе магнитофугальных молотов возможно такое же большое число всякого рода вариантов, как и в нормальных асинхронных машинах.

Развитие электромеханических молотков

Как мы уже указали, параллельно с развитием соленоидных молотков, приведшим к созданию целого класса электрических машин прямолинейного движения, шло развитие молотков, основанных на другом принципе, именно на принципе применения нормального электродвигателя, вращательное движение которого преобразуется в движение ударного звена при помощи той или иной механической передачи.

Прежде чем переходить к более подробному описанию этого класса, заметим только, что этот принцип не соответствует основной тенденции современного машиностроения — сращиванию машины-двигателя с машиной-орудием. Механическая передача усложняет конструкцию, утяжеляет ее, понижает КПД и увеличивает нагрев. Все же этот путь до самого последнего времени конкурирует с первым и дал большое число конструкций.

Механическая передача, применяемая в моторных молотках, чрезвычайно разнообразна. Чаще всего применяется кривошипный механизм или винтовая линия в тех или иных модификациях. Существует также несколько конструкций, в которых это преобразование движения достигается чрезвычайно оригинальными методами, редко применяемыми в других механизмах.

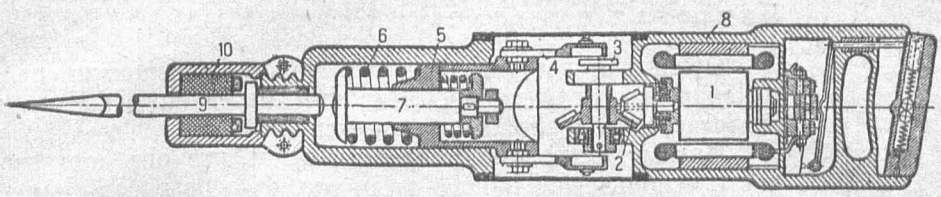


Рис. 14. Электромеханический молоток Сименса Е-900

Кривошипная передача

Молотки этой группы были одними из первых. Они появились даже раньше соленоидных и предназначались также для бурения шпуров. В основном они состояли из электромотора, вращение которого при помощи кривошипа преобразовывалось в возвратно-поступательное движение бойка. Современники отзывались о них неодобрительно. Главными недостатками первых молотков этого типа (кроме общих недостатков группы) были: 1) сильные удары на кривошипе, расстраивавшие весь механизм; 2) малая скорость в момент удара; 3) малая производительность вследствие низкого *КПД*; 4) сложность, дороговизна и большие расходы по ремонту.

Развитие этих молотков, применявшихся преимущественно в горном деле, в дальнейшем шло по пути устранения этих недостатков и завершилось построением молотка Сименса Е-900 (около 1920 г.). Молоток Е-900 предназначается для отбойки угля. Он схематически изображен на рис. 14. На этом рисунке *1* изображает электродвигатель (трехфазный, асинхронный, с короткозамкнутым ротором, мощностью 0,35 kW, 2 800 об/мин); *2* — коническая понижающая зубчатая передача (передаточное число 2 : 1); *3* — вал кривошипа; *4* — шатун; *5* — салазки шатуна; *7* — боек. Как видим, боек скреплен с салазками не жестко, а при помощи пружин *6*. Особенность шиферштейновского принципа, положенного в основу механической передачи данного молотка, состоит в том, что собственная частота колебаний бойка на пружинах совпадает с частотой хода шатуна, т. е. здесь имеет место резонанс. Применением шиферштейновского принципа преобразования вращательного движения в резонансные колебания бойка достигается равномерная нагрузка, уменьшаются отдача и сотрясения мотора, увеличивается амплитуда колебаний бойка и повышается общий *КПД* передачи. Такой принцип преобразования движения считается вообще одним из наиболее совершенных.

Все подшипники — шариковые. Число ударов молотка 1 400 в минуту.

Укажем наиболее важные конструктивные отличия этого типа и возможные пути развития.

Зубчатая понижающая передача составляет обязательную часть таких механизмов, так как позволяет применять быстроходные легкие моторы, что значительно снижает общий вес (ориентировочно можно считать, что вес мотора составляет около 40% веса молотка и что он уменьшается примерно обратно пропорционально числу оборотов). Однако зубчатки значительно усложняют и удорожают молоток.

Такую же обязательную часть составляет пружина, или иное упругое звено, связывающее боек с механизмом передачи, так как иначе удары и сотрясение бойка быстро привели бы в негодность все части передачи, представляющие довольно точные детали. Недостаток этого звена — быстрый износ пружин (примерно через 180 час.), ведущий к большим непроизводительным расходам и к перебоям в эксплоатации. Большая часть конструктивных отличий молотков этого типа относится именно к устройству пружины. В некоторых предложениях пружина заменена воздушным буфером, а в других — электромагнитом.

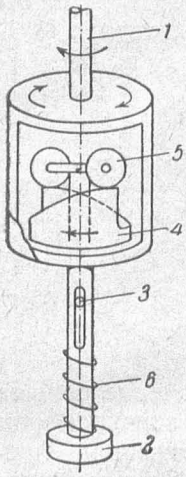


Рис. 15. Молоток Гинзбурга

Винтовая передача

Обширная группа моторных молотков основана на применении винтовой линии. Этот тип передачи особенно часто встречается в советских предложениях.

Преимущество такой передачи в том, что она дает возможность использовать винтовую линию, во-первых, для изменения направления движения (вместо вращательного возвратно-поступательное) и, во-вторых, одновременно позволяет снизить число ударов бойка по сравнению с числом оборотов мотора. Те конструкции, в которых не использовано это второе преимущество винтовой передачи, следует считать недостаточно использованными. Основное условие, усложняющее конструкцию, — необходимость осуществлять ход бойка взад и вперед.

Для этого предлагались следующие решения:

1. Волнообразная резьба.
2. Резьба с крутым падением для рабочего хода.
3. Разъемная гайка, которая при верхнем положении бойка распадается на две половины.
4. Двухрезьбовый винт (с правой и левой резьбой). Резьбы могут находиться в различных местах по высоте вала, или перекрывать одна другую.

Вторым осложняющим фактором является низкий *КПД* простой винтовой передачи. Поэтому элементарные устройства с винтовой резьбой, выступами, гайками и пр. практически непригодны. Усовершенствование этих молотков достигнуто в последнее время заменой трения скольжения на винтовой поверхности трением качания. Последнее достигается большею частью при помощи роликов или шариков. Одной из таких конструкций с роликами является известный молоток Задави-Свечки и аналогичный ему молоток Гинзбурга (рис. 15). На рис. 15 *1* — вал мотора, *2* — боек. Последний может передвигаться кверху и книзу и удерживается от вращения шпинделем *3*, скользящим в канавке. На валу мотора укреплен стакан *4*, у которого верхняя поверхность срезана по винтовой линии. К верхней части бойка прикреплены ролики *5*, катящиеся по винтовой поверхности стакана *4*. При вращении вала мотора вращается и винтовая поверхность, вследствие чего ролики, катящиеся по ней, поднимаются кверху, и боек сжимает пружину *6*. Дойдя до верхнего положения, ролики срываются, и боек силою упругости пружины производит удар.

В конструкции Задави-Свечки удар происходит один раз за оборот вала, а в аналогичной конструкции Гинзбурга — два раза за оборот.

Конструкция с шариковой дорожкой принципиально не представляет каких-либо отличий. В них для уменьшения трения по всей длине винтовой линии вделаны в гнезда шарики. При этом упрощается выполнение бойка, который в этом случае не содержит роликов ни других вращающихся точных и нежных деталей. Однако, с другой стороны, уменьшение трения при этой конструкции весьма проблематично.

По поводу характерных отличий винтовой передачи и возможных усовершенствований ее необходимо сделать следующие замечания.

1. Удар производится за счет упругости буфера (пружинного, воздушного и т. п.). П этому и здесь буфер является обязательной составной частью.
2. Как показал опыт, винтовая линия и вспомогательные устройства (рейки, выступы, шпонки и т. п.) при ударном режиме работы быстро изнашиваются и приходят в негодность.
3. Ролики и шарики повышают *КПД*, но являются самой нежной деталью, в особенности если они укреплены жестко на бойке.
4. *КПД* передачи невысок. Даже при применении роликов он (по опытным данным) составляет от 0,38 в статическом состоянии до 0,28 в динамическом состоянии.

5. При одинаковом числе ударов и одинаковой мощности мотор для молотка конструкции Задави-Свечки должен быть вдвое тихоходнее, чем в конструкции Сименса, и приблизительно вдвое тяжелей, а в конструкции Гинзбурга — вчетверо тихоходней и вчетверо тяжелее. (Как известно, уже и молоток Сименса тяжелей, чем требуется по нормальным техническим условиям.) Повысить быстроходность можно применением зубчатки, однако, это сильно усложнит и обесценит конструкцию.

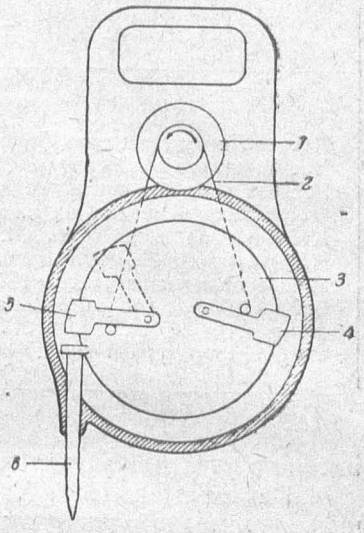


Рис. 16. Центробежный молоток

Другие типы электромеханических молотков

В последнее время (после 1920 г.) было предложено несколько принципов механической передачи для молотков зачастую весьма оригинальных. Основное стремление этих предложений — упростить передачу и повысить ее *КПД*. Из заграничных молотков такого типа укажем молоток фирмы Kango (1925 г.), в котором для получения возвратно-поступательного движения использованы вибрации, происходящие при вращении неотбалансированного маховичка. Этот молоток проще сименсовского на одно звено передачи (нет кривошипа и шатуна). Предназначался он для легких работ, однако большого распространения не получил

Отметим также дисковый центробежный молоток (рис. 16) (одно из советских предложений). На рис. 16 *1* изображает мотор, который при помощи понижающей ременной передачи вращает диск *3*. По окружности этого диска шарнирно укреплены несколько молоточков *4*, *5*, которые могут поворачиваться вокруг своей оси. При вращении диска молоточки поочередно ударяют в рабочий инструмент *6*. При ударе молоточек теряет свою скорость и отскакивает в положение, показанное на рисунке пунктиром. В этом положении он проходит под рабочим инструментом и лишь постепенно, по мере приобретения скорости, устанавливается опять в рабочее положение, после чего снова наносит удар и т. д.

Преимущество конструкции — полное отсутствие всяких пружин; их роль играет центробежная сила, возвращающая молоточки в рабочее положение. Недостаток конструкции — большой диаметр диска, на котором укреплены молоточки. Вследствие этого — слишком большие габариты в ширину, что весьма неудобно для большинства применений молотка. Есть также указания на сильный износ молоточков и их цапф.

Сравнение электромеханического и соленоидного молотка

Как уже было указано, основное преимущество соленоидных молотков состоит в отсутствии всякой механической передачи; отсюда следует: простота конструкции и ухода, дешевизна и прочность.

Основным преимуществом электромеханического молотка считается высокий *КПД* и cos φ его мотора. Недостатки: сложность, дороговизна, тяжесть вследствие большого мертвого веса механической передачи.

Для более детального сравнения этих двух основных путей развития электрического молотка нами было произведено испытание двух наиболее совершенных представителей этих групп: электромеханического молотка Сименса и соленоидного молотка Синтрон. Испытание дало нижеследующие результаты.

Тип	Сименс	Синтрон
	Е-900	МК-155
Потребляемая мощность (при испытании)	476	142
Число ударов в минуту	1 400	3 000
Вес без рабочего инструмента и без кабеля в (*кг*)	14,4	5,35
Отдаваемая мощность на пике (в ваттах)	136	46
КПД мотора (в %)	77	32,4
КПД на рабочем инструменте (в %)	28,6	32,4
Живая сила удара (в *кг/м*)	0,568	0,092
Вес на 10 ватт отдаваемой мощности в (*кг*)	1,06	1,16
cos φ	0,88	0,61
Сверхтемпература после 25 минут непрерывной работы (в °С)	54	37

Как видим, результаты испытания опровергают распространенное представление о том, что электромеханические молотки имеют более высокий *КПД*.

В действительности *КПД* на рабочем инструменте у обоих молотков получился примерно одинаковый. Все преимущество электромеханического молотка, состоящее в высоком *КПД* мотора, уничтожается механической передачей.

Дополнительное углубленное исследование, проведенное автором, показало, что и молоток Синтрон еще далек от идеала. Расчеты и экспериментальное исследование первого образца молотка по конструкции автора настоящей работы показали, что более рациональная конструкция соленоидного молотка, основанная на другом принципе, чем Синтрон, может дать мощность на единицу веса молотка в 3—4 раза большую, а *КПД* всей установки — порядка 65% вместо 18% Синтрон.

Пути советского электрического молотка

В СССР изобретательство электрического молотка развивается в последнее время усиленным темпом. Главная область применения — отбойка угля, однако было несколько предложений электрического молотка для обработки камня и монтажных работ, а также и для судоремонта (отбивка ржавчины).

Ввиду отсутствия литературы, изобретательство идет кустарно, в большинстве повторяются пути, пройденные за границей. Весьма большая доля принадлежит рабочему изобретательству. Ряд советских оригинальных предложений рассмотрен в соответствующих разделах очерка.

Всесоюзный конкурс по созданию электрического отбойного молотка, проведенный НИГО угольщиков, выявил, что в данном вопросе мы имеем определенные достижения по сравнению с заграницей. Из молотков электромеханических премированы на конкурсе конструкция Николаева, основанная на «центробежном» принципе, описанном в данном очерке, и конструкция Сычева, основанная на следующем оригинальном принципе. Мотор молотка вращает диск, по которому свободно катится шар из закаленной стали. Этот шар увлекается движением диска вследствие чего получается скорость и под действием центробежной силы отбрасывается к окружности диска. Здесь он попадает на направляющую, по которой отбрасывается к затылку зубка, где и производит удар. После удара шар по другой направляющей возвращается к центру диска, после чего явление повторяется.

Конструкция Николаева повидемому, должна дать несколько большую живую силу удара и больший *КПД*, чем молоток Сименса, однако, к сожалению, еще имеет неудовлетворительные показатели по весу (18 *кг*).

Из молотков соленоидных премированы два предложения автора этого очерка. Оба эти молотка не требуют никаких переключателей, выпрямителей и т. п., работают непосредственно от 50-периодной сети, достаточно легки (12 *кг*)

и просты. Один из этих молотков основан на магнитофугальном принципе. Он имеет по сравнению с магнитофугами, предлагавшимися раньше, то преимущество, что не требует никаких переключателей для изменения направления хода бойка, вследствие чего очень надежен в работе и прост. Второе его преимущество состоит в том, что разбег на асинхронном режиме у него начинается не от нулевой скорости, как у обычной магнитофуги, а примерно от $^1/_2$ синхронной, вследствие чего снижаются потери и повышается *КПД* (расчетный *КПД* на рабочем инструменте должен быть порядка 65% вместо 18% *КПД* всей установки у Синтрон). Этим решается как вопрос экономической рентабельности, так и вопрос охлаждения. Число ударов молотка 1 200, 1 000 и в случае необходимости ниже. Мощность на единицу веса примерно вчетверо больше, чем у молотка Сименса.

Второй молоток, основанный на резонансном принципе, весьма прост. Он также не требует никаких переключателей, выпрямителей и т. п., работает от общей сети и может давать 1 500 уд/мин, а в случае необходимости 3 000 уд/мин. Преимущества его по сравнению с молотком Синтрон — отсутствие выпрямителя, почти вчетверо более высокий *КПД* установки и вчетверо большая мощность на единицу веса, чем у вышеприведенного образца Синтрон.

В заключение об областях применения электрических молотков в СССР. Ближайшая область (1934/35 г.) — отбойный молоток и шпалоподбойка. На очереди электрификация монтажно-строительных и прочих работ по обработке камня. Насколько эта область созрела для электрификации, показывают цифры выпущенных в продажу молотков за границей для этих целей (к 1929 г.): Bewi — 2 000 штук, Thauma — 4 000 штук, Syntron — десятки тысяч и т. п. Наши условия в отношении развития электрической сети и электрификации всех остальных процессов этих производств в настоящее время ничуть не ниже, чем за границей в 1929 г. Кроме общих преимуществ электрификации молотка, указанных в начале очерка, нигде в мире не играет такой роли, как у нас, преимущество механизации, состоящее в экономии рабсилы и освобождении работающего от тяжелого физического труда. Вслед за обработкой камня внедрение электрического молотка произойдет во всех областях, указанных в начале очерка. Таким образом в ближайшие годы следует ожидать широкой электрификации молотка в СССР.

Повидимому, для легких работ найдут применение, главным образом, синхронные молотки без переключателей и выпрямителей, а для тяжелых — асинхронные или синхронные с переменной частотой.

Библиография по электрическим молоткам

1. Пресс, Применение электричества для ударных машин, «Технико-экономический вестник», 1932 г., № 2.

2. Япольский, Магнитофугальные ударные машины, «Электричество», 1925 г., стр. 646.

3. Москвитин, Электрические молотки, «Электричество», 1933 г., № 20.

4. Розентретер, К вопросу применения электрических отбойных молотков в Донецкой каменноугольной промышленности, «Уголь», 1931 г., № 74—75.

5. Покровский, Выбор типа электрического отбойного молотка, «Горный журнал», 1933 г., № 3.

6. Зворыкин, газета «Техника» от 3 июля 1933 г.

7. Садовский и Иосифьян газета, «Техника» от 3 августа 1933 г.

8. Шмаров, Итоги Всесоюзного конкурса по электрическому отбойному молотку, газета «Техника» от 27 декабря 1933 г.

9. Николаев, Первый советский, газета «Техника» от 6 января 1934 г.

10. Москвитин, Электромеханический или соленоидный, газета «Техника» от 6 января 1934 г.

11. Heubach, Solenoid-Stossbohrer für hartes Gestein. Zeitschrift V. D. I. Bd. 45, 1901, S. 1142.

12. Japolsky, Ueber Magnetfeldern mit veränderlicher Bewegungsgeschwindigkeit, Arch. f. El. XIV. H. I.

13. Holman, Electric Hammer. South African Mining and Engineering Journal. Vol. 36, part II, No. 1774.

14. Trombetta, Journal of the AIEE, No. 4, 1922.

15. Kango Co., ERW (Electrical Review, London) 97/232, 1925.

16. Brinkmann, Die Stossbohrer mit elektr. Antriebe El. Kraftbetrieb und Bahnen, 1907, S. 441.

17. L. Schüler, ETZ 1914, S. 535; ETZ 1913, S. 611.

18. P. Schiemann, Die mechanische Arbeitsleistung von Hubmagneten nach dem Gesetze von der Erhaltung der Energie. Z. f. Elektr. Wien. 1905, S. 483.

19. Emde ETZ, 1908, S. 819.

20. P. Schiemann E. u. M. Bd. 31, S. I.

21. P. Schiemann, Elektromagnetische Schlagwerkzeuge, insbesondere für Wechselstrom. ETZ, 1929, H. 29.

Библиография по пневматическим отбойным молоткам (по общей механизации горной промышленности)

22. Меркм, Горная механика.

23. Герман, Применение электричества в горном деле.

24. Варшавский, Применение отбойного молотка в горном деле.

25. Дубинин, Механизация выемки крутопадающих пластов отбойными молотками в центральном районе Донецкого бассейна.

26. Геронтьев, Практический курс механизации горных работ.

27. Коптев, Отбойные молотки.

28. Гончаренко, Отбойные молотки и их применение при механизации угледобычи на крутопадающих пластах.

29. Госплановая комиссия УССР. Перспективы Донбасса на вторую пятилетку.

А. МОЛОТОВ

Д. И. Менделеев и периодическая система элементов

(К столетию со дня его рождения 1834—1934 гг.)

Менделеев бесспорно представляет собой крупнейшую фигуру в истории русской и мировой науки. Его выдающаяся научная деятельность не ограничивается одной только химией, хотя он и был химиком по преимуществу. Ему принадлежит и ряд чрезвычайно ценных работ в области физики, метеорологии, гидродинамики и геологии.

Особенно глубокие следы он оставил в различных областях прикладной химии, в топливной промышленности, в деле добычи и переработки нефти, в производстве взрывчатых веществ и т. д.

Вместе с тем никто из русских ученых так талантливо не соединял своих научных исследований с приложением их результатов на практике, как это делал Менделеев.

Работая над теоретическими проблемами химии нефти, он в то же время уделяет внимание таким сугубо прикладным задачам, как применение тяжелых масел для освещения, изготовления рациональных ламп и т. д.

После поездки в Америку для ознакомления с состоянием ее нефтяной промышленности и на основе систематического изучения нефтяной промышленности Кавказа он в 1886 г. пишет работу «Где строить нефтяные заводы». Он настаивает на сооружении нефтепровода от Каспийского моря до Черного.

В 1888 г. он посещает Донецкий бассейн и предлагает после этого ряд мер для рационального использования «будущей силы, покоящейся на берегах Донца».

В 1899 г. он едет на Урал обследовать уральские заводы, в результате чего появляется ценная и оригинальная монография о положении уральской промышленности. В этот же период он выдвигает идею о подземной газификации угля, которую лишь впоследствии повторил независимо от него англичанин Рамсэй и которая сейчас находится в стадии практической проверки в СССР.

Даже краткое перечисление всех сторон многообразной научной и практической деятельности Менделеева заняло бы многие страницы, но это и не составляет цели настоящей статьи. По подсчетам проф. В. Тищенко общее число работ, напечатанных Менделеевым (как теоретических, так и технических, экономических и других), составляет около 350. И несомненно, что из всех этих работ наибольшее значение имеет обессмертившая его имя периодическая система элементов.

Неоднократные попытки систематизировать химические элементы делались и до Менделеева. В этом случае лишний раз подтверждаются слова Маркса о том, что критическое изучение истории технологии может показать, «как мало какое бы то ни было изобретение... принадлежит тому или иному отдельному лицу»[1].

Цель настоящей статьи наряду с характеристикой роли Менделеева в создании периодической системы показать те исторические этапы химической науки, которые подготовили и вызвали к жизни периодическую систему.

При этом мы с самого начала должны, однако, подчеркнуть, что только Менделееву, благодаря смелости его мысли, благодаря тому, что он первый сумел принять периодичность элементов за непреложный закон природы, удалось достичь здесь таких высот научного обобщения и предвидения, которые были недоступны его предшественникам и современникам.

* * *

Дмитрий Иванович Менделеев родился 27 января (по старому стилю) 1834 г. в Тобольске. 7 лет он был отдан в гимназию, 15 лет окончил ее и в 1850 г. поступил в Главный педагогический институт в Петербурге.

В гимназии он проявлял большой интерес к физике и математике. В Педагогическом институте этот интерес усилился, особенно благодаря тому, что в то время в числе препо-

---

[1] «Капитал», т. прим. 89 к отд. IV.

давателей была целая плеяда выдающихся педагогов: М. В. Остроградский (математика) Э. Х. Ленц (физика), А. А. Воскресенский (химия), Ф. Ф. Брайд (зоология), М. С. Куторга (минералогия). Вместе с тем в Педагогическом институте Менделеева сильнее всего стала привлекать химия.

Еще студентом он напечатал работу «Об анализе орксита и пироксена из Финляндии»; в этой работе уже сказываются задатки будущего ученого. Кроме того, в студенческие же годы им была опубликована работа «Об изоморфизме в связи с другими отношениями формы к составу».

Педагогический институт он окончил в 1855 г., обнаружив на выпускных экзаменах прекрасные познания по химии.

В 1856 г. он защитил магистерскую диссертацию «Об удельных объемах» и в том же году написал работу «О строении кремнеземистых соединений».

В 1857 г., в 23-летнем возрасте, Дмитрий Иванович начинает преподавать в университете. Первые годы он читает теоретическую, а затем органическую химию.

Начало научной деятельности Менделеева таким образом относится к 50-м годам прошлого столетия, т. е. к эпохе, когда происходили крупные сдвиги в социально-политической жизни России.

В 1856 г. поражением русской армии кончается Крымская война. Это поражение не только вскрыло гнилость политической системы страны, придавленной сапогом Николая I, но показало также всю техническую и экономическую отсталость крепостнической России по сравнению с Западной Европой. Производительные силы страны к этому времени уже переросли феодальную оболочку общественных отношений. Крепостное право стало уже не только ярмом для крестьянства, но и гирей на ногах растущего капитализма.

Развивавшаяся промышленность требовала большого количества рабочей силы, которая могла бы постоянно находиться на фабриках и заводах. Между тем, крестьянство, единственный возможный поставщик этой рабочей силы, составлявшее $^{19}/_{20}$ всего населения тогдашней России, все еще было прикреплено к земле. Отсюда вырастала для господствующих классов необходимость освободить крестьян от крепостной зависимости и предоставить им «свободу» продавать свой труд фабрикантам.

После долгих колебаний, понуждаемое, с одной стороны, недовольством промышленников, а с другой — неутихающими крестьянскими волнениями, правительство Александра II решилось наконец в 1861 г. на отмену крепостного права.

За этой коренной реформой последовали и другие. Был реформирован суд и введено устное и гласное судопроизводство с присяжными и защитниками. Возникло земство. Как грибы после дождя, стали вырастать многочисленные периодические издания.

Реформам подвергалось и дело просвещения. Промышленность требовала инженеров и техников. Классическое образование, дававшее знание латыни и древнегреческого языка, не удовлетворяло этим требованиям. В результате стали основываться реальные училища, где упор делался на математику и естествознание. В Петербурге был открыт первый Технологический институт. Сильно возрастает также спрос на образованных химиков.

В то же время могучему гению и американскому практическому размаху Менделеева постоянно приходится вступать в конфликт с узостью, отсталостью и скудостью полуфеодальной российской действительности.

Все это не могло не сказаться на научной и практической работе такого таланта, как Менделеев. До известной степени она протекает параллельно развитию молодого российского капитализма, и недаром по своей политической сущности Менделеев был его апологетом.

Но вернемся к хронологической канве его научной деятельности.

В январе 1859 г. Менделеев командируется за границу для усовершенствования. Сперва он работает в Париже у Реньо, а затем переезжает в Гейдельберг.

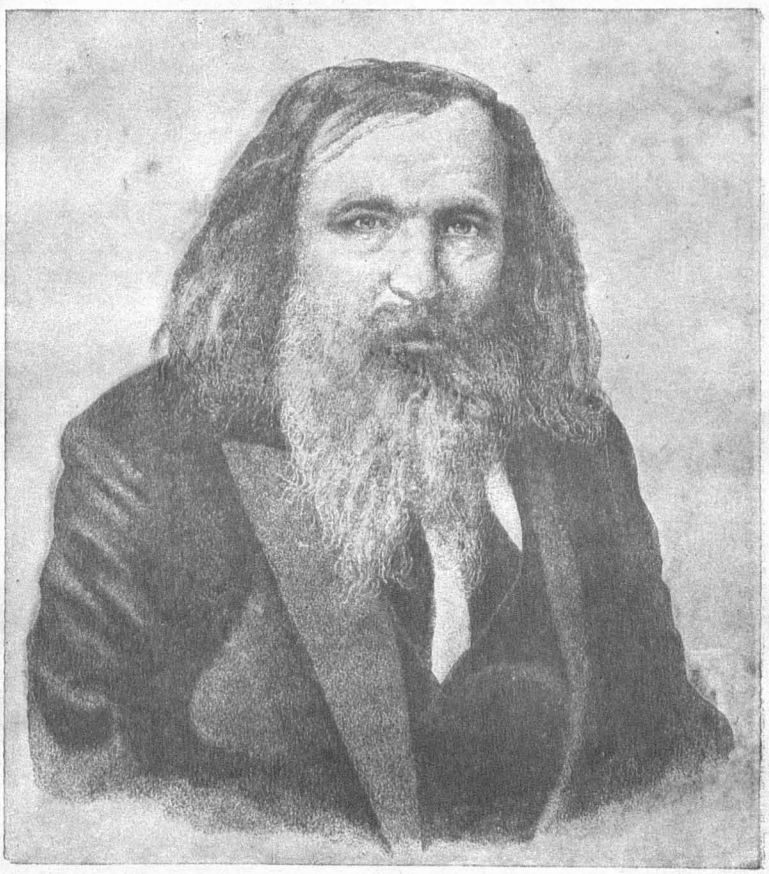
Пребывание в Германии оказало на Менделеева весьма большое влияние.

В Гейдельберге он имел возможность общаться с такими великими учеными, как Бунзен, Кирхгоф, Копп. В 1860 г. Менделеев присутствует на Международном конгрессе химиков в Карлсруэ, в котором принимают участие многие видные ученые, как, например, Дюма, Вюрц (Франция), Канницаро (Италия).

Работы этого съезда несомненно должны были оказать влияние на формирование у Менделеева идеи периодической системы элементов. В письме к А. А. Воскресенскому Менделеев так характеризует значение этого конгресса [1].

«Существенным поводом к созванию Международного химического конгресса служило желание уяснить и, если возможно, согласить основные разноречия, существующие между последователями разных химических школ. Сначала г. Кекуле предложил было для разрешения многие вопросы: вопрос о различии частицы, атома и эквивалента; вопрос о величинах атомического веса, т. е. принять ли паи Герара, или паи Берцелиуса, измененные впоследствии Либихом и Поггендорфом, а ныне применяемые большинством; далее вопрос о формулировках и даже наконец о тех силах, какие при современном состоянии науки надобно считать причиною химических явлений. Но в первом же заседании 3 сентября собрание нашло невозможным в такое короткое время уяснить такое большое число вопросов и поэтому решилось остановится только на первых двух».

[1] «С.-Петербургские ведомости» № 280 за 1860 г.



Д. И. МЕНДЕЛЕЕВ
(1834—1907)

Именно этот съезд можно считать началом торжества унитарной системы, проповедниками которой по словам Менделеева [1] были Жерар и Лоран, над господствовавшей до тех пор дуалистической системой Берцелиуса.

Кстати здесь следует отметить, что переворот в химических воззрениях, совершавшийся в это время, глубоко интересовал Маркса [2].

Возвратившись в 1861 г. в Петербург, Дмитрий Иванович приступает к чтению в университете курса органической химии, в связи с чем в том же году издает свой большой учебник «Органическая химия».

С 1864 г. Менделеев — профессор Технологического института. В следующем году появляется его крупный труд «О соединениях спирта с водой».

Еще через два года Менделеев получает кафедру общей химии.

В 1868 г. он приступает к своему знаменитому труду «Основы химии».

Уже при составлении своего курса органической химии Менделеев стал перед необходимостью внести какую-то систему в многочисленное разнообразие химических соединений. По этому поводу он пишет следующее: «Исходя из того принципа, что причина химических реакций состоит в физических и механических свойствах частиц, должно подвергать всестороннему изучению все явления, в которых выявляются эти свойства. Удельный вес тел, отношение их к теплоте, сцепление, коэфициент сжатия (или упругости), подвижность жидкостей, кристаллическая форма, световые отношения и многие другие свойства тел должны находиться в более или менее прямом отношении и з а в и с е т ь о т в е с а ч а с т и ц и и х с о с т а в а» (разрядка наша—*А. М.*).

Здесь уже видна вся сила обобщения, свойственная Менделееву. Здесь же в качестве основных факторов, от которых зависят все свойства тел, им названы уже вес частиц и состав их.

В дальнейшем при классификации самих элементов он кладет в основу ее величины атомных весов, заявляя: «Величина атомного веса определяет характер элемента, как величина частиц определяет свойства сложного тела» [3].

Работая над своим капитальным трудом «Основы химии», Менделеев обращает внимание на то, что если расположить элементы по увеличивающимся атомным весам, то свойства их через каждые несколько элементов повторяются. Далее он убеждается в том, что эта повторяемость не случайная, а периодическая и составляет следующую таблицу:

			Ti = 50	Zr = 90	? = 180
			V = 51	Nb = 94	Ta = 182
			Cr = 52	Mo = 96	W = 186
			Mn = 55	Rh = 104,4	Pt = 197,4
			Fe = 56	Ru = 104,4	Ir = 198
			Ni Co = 59	Pl = 106,6	Os = 199
			Cu = 63,4	Ag = 108	Hg = 200
H = 1	Be = 9,4	Mg = 24	Zn = 65,2	Cd = 112	
	B = 11	Al = 27,4	? = 68	Ur = 116	Au = 197?
	C = 12	Si = 28	? = 70	Sn = 118	
	N = 14	P = 31	As = 75	Sb = 122	Bi = 210?
	O = 16	S = 32	Se = 79,4	Te = 128?	
	F = 19	Cl = 35,5	Br = 80	J = 127	
Li = 7	Na = 23	K = 39	Rb = 85,4	Cs = 133	Tl = 204
		Ca = 40	Sr = 87,6	Ba = 137	Pb = 207
		? = 45	Ce = 92		
		?Er = 56	La = 94		
		?Yt = 60	Di = 95		
		In = 75,6	Th = 118		

Таблицу эту он озаглавливает «Опыт системы элементов, основанной на их атомном весе и химическом сходстве». В таком виде таблица была разослана в феврале 1869 г. многим русским химикам, а 6 марта 1869 г. доложена на заседании недавно организовавшегося Русского химического общества. В том же году она была напечатана в статье Менделеева «Соотношение свойств с атомным весом элементов», опубликованной в первом томе журнала Русского химического общества.

Уже в своем первом сообщении Русскому химическому обществу (6 марта 1869 г.) Менделеев сделал все основные выводы из открытого им закона.

Так, он указывает в этом сообщении следующее:

«В е л и ч и н а а т о м н о г о в е с а о п р е д е л я е т п р и р о д у э л е м е н т а настолько же, насколько вес частицы определяет свойства и многие реакции сложного тела. Если это убеждение подтвердится дальнейшим применением выставленного начала к изучению элементов, то мы приблизимся к эпохе понимания существенного различия и причины сходства элементарных тел».

---

[1] М е н д е л е е в, Основы химии, стр. 324, т. I, изд. 11-е.

[2] См. переписку Маркса и Энгельса, т. XXIII, письмо Маркса от 22 июня 1867 г.

[3] «Соотношение свойств с атомным весом элементов, журн. Русского химического общества, т. I.

И в заключение своего сообщения Менделеев подчеркивает:

«Элементы, расположенные по величине атомного веса, представляют явственную периодичность свойств». «Должно ожидать открытия еще многих неизвестных простых тел, например сходных с Al и Si, элементов с паем 65—75».

«Величина атомного веса элемента иногда может быть исправлена, зная его аналогии, так пай Te должен быть не 128, а 123—126».

Многие русские и иностранные ученые сразу же после опубликования Менделеевым его системы признали в ней открытие мирового значения.

Когда же в 1875 г. Лекок-де Буабодран путем спектрального анализа открывает в цинковой обманке из каменоломни Пьерефит в Пиринеях новый элемент, названный им галлием, и затем выясняется, что свойства этого нового элемента совпадают со свойствами предсказанного Менделеевым эка-алюминия, слава Менделеева стала бурно расти, а его система получает всеобщее признание.

Его выбирают почетным членом многих научных обществ. В 1888 г. Лондонское королевское общество, в котором он выступил с лекцией «Попытка приложения к химии одного из начал естественной философии Ньютона», устраивает ему торжественный раут. В том же году его приглашают в качестве «фарадеевского чтеца» в Британское химическое общество для прочтения лекции о его периодическом законе. Такая «честь выпала на долю лишь Дюма и Гельмгольца», пишет по этому поводу проф. Л. А. Чугаев.

К концу жизни Менделеев был членом всех важнейших научных академий мира, за исключением... русской Академии наук.

В настоящее время имя Менделеева, как основоположника одного из фундаментальных законов химии, известно химикам всего мира, а его система входит, как важнейший элемент, в любой учебник, излагающий основы этой науки.

* * *

Почему периодическая система элементов получила всеобщее признание? Отвечая на этот вопрос, акад. Вальден говорит:

«Ныне же по истечении многих десятилетий мы, быть может не вполне сознательно учитываем влияние одного фактора, существенно обусловившего успехи этой системы и славу ее творца, а именно влияние счастья, счастливой случайности, сопровождавшей как Д. И. Менделеева, так и его систему» [1].

Вряд ли в наше время нужно доказывать, что такая маловесомая категория, как «счастливая случайность», не могла бы «существенно обусловить» «успехи этой системы». И было бы весьма наивно представлять себе, что периодическая система элементов возникла внезапно, как Афродита из пены морской. В действительности создание ее было подготовлено всем ходом предшествующего развития естествознания и именно в этом обстоятельстве, а не в «счастливой случайности» следует искать причины сравнительно быстрого признания ее современниками Менделеева.

Бурный расцвет науки, начавшийся в конце XVIII в. и вызванный развитием капитализма, привел к накоплению огромного количества эмпирического материала во всех отраслях естествознания. Возникла острая необходимость в систематизации и обобщении этого материала, так как от этого зависела возможность дальнейшего развития науки.

Энгельс отмечает, что «необходимость систематизировать» накопленный к этому времени эмпирический материал «в каждой отдельной области исследования и расположить с точки зрения внутренней связи стала неустранимой» (подчеркнуто нами — *А. М.*) [2].

«Точно так же стало неизбежным привести между собою в правильную связь отдельные области познания» (разрядка Энгельса—*А. М.*) [3].

Восходящий класс — буржуазия — в борьбе за окончательное освобождение от феодальных пут, в том числе от церковного тумана, плотно окутавшего до того науку, нуждался в каком-то целостном взгляде на всю природу вообще, стремился познать в лице своих лучших представителей место человека на земле и место земли во вселенной.

Но для этого прежде всего надо было разрушить метафизичность, которая господствовала в науке до XVIII в.

И «первой брешью», которая, по выражению Энгельса, пробила эту метафизичность науки, явилась теория Канта-Лапласа о происхождении земли и всей солнечной системы.

После этого наступает период великих обобщений во всех отраслях науки.

В области биологии, например, проводятся замечательные работы, сначала Линнея, а затем Кювье и других, которые систематизировали растительные и животные виды и подготовили тем самым почву для переворота в биологии, произведенного Дарвином.

В физике создаются вехи, которые позже, к 40-м годам XIX в., оформляются благодаря трудам Роберта Майера, Джоуля и Гельмгольца в широчайшее обобщение «закона сохранения энергии».

---

[1] П. И. Вальден, Наука и жизнь, ч. II, стр. 80, изд. 1919 г.

[2] Энгельс, Диалектика природы, стр. 69, изд. 6-е, 1932 г.

[3] Там же.

Периоды	Ряды	Группы элементов								
		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	0
I	1	1 H 1.0078 водород								2 4.0 He гелий
II	2	3 Li 6.94 литий	4 Be 9.02 бериллий	5 B 10.82 бор	6 C 12.0 углерод	7 N 14.01 азот	8 O 16.0 кислород	9 F 19.0 фтор		10 20.18 Ne неон
III	3	11 Na 23.0 натрий	12 Mg 24.32 магний	13 Al 26.97 алюминий	14 Si 28.06 кремний	15 P 31.02 фосфор	16 S 32.06 сера	17 Cl 35.46 хлор		18 39.94 A аргон
IV	4	19 K 39.1 калий	20 Ca 40.07 кальций	21 Sc 45.1 скандий	22 Ti 47.9 титан	23 V 50.95 ванадий	24 Cr 52.01 хром	25 Mn 54.93 марганец	26 Fe 55.84 железо; 27 Co 58.94 кобальт; 28 Ni 58.69 никель	
	5	29 63.57 Cu медь	30 65.38 Zn цинк	31 69.72 Ga галлий	32 72.06 Ge германий	33 74.93 As мышьяк	34 79.2 Se селен	35 79.92 Br бром		36 82.9 Kr криптон
V	6	37 Rb 85.45 рубидий	38 Sr 87.63 стронций	39 Y 88.92 иттрий	40 Zr 91.22 цирконий	41 Hb 93.5 ниобий	42 Mo 96.0 молибден	43 Ma (97.92) мазурий	44 Ru 101.7 рутений; 45 Rh 102.9 родий; 46 Pd 106.7 палладий	
	7	47 107.88 Ag серебро	48 112.41 Cd кадмий	49 114.8 In индий	50 118.7 Sn олово	51 121.76 Sb сурьма	52 127.5 Te теллур	53 126.93 J иод		54 130.2 X ксенон
VI	8	55 Cs 132.81 цезий	56 Ba 137.36 барий	57 La 138.9 лантан	58 Ce 140.13 церий	59 Pr 140.92 празеодим	60 Nd 144.27 неодим	61 Il (146.0) иллиний		
	9	62 Sm 150.43 самарий	63 Eu 152.0 европий	64 Gd 157.3 гадолиний	65 Tb 159.2 тербий	66 Dy 162.46 диспрозий	67 Ho 163.5 гольмий	68 Er 167.64 эрбий		
	10	69 Tu 169.4 туллий	70 Yb 173.5 иттербий	71 Lu 175.0 лютеций	72 Hf 178.6 гафний	73 Ta 181.36 тантал	74 W 184.9 вольфрам	75 Re 186.31 рений	76 Os 190.9 осмий; 77 Ir 193.1 иридий; 78 Pt 195.23 платина	
	11	79 197.2 Au золото	80 200.61 Hg ртуть	81 204.39 Tl таллий	82 207.21 Pb свинец	83 209.0 Bi висмут	84 210.0 Po полоний	85 — (экаиод)		86 222.0 Rn радон
VII	12	87 — (экацезий)	88 Ra 225.97 радий	89 Ac (227) актиний	90 Th 232.12 торий	91 Pa (231) протактиний	92 U 238.14 уран			
Высшие солеобразные окислы		R_2O	RO	R_2O_3	RO_2	R_2O_5	RO_3	R_2O_7	RO_4	R
Газообразные водородные соединения					RH_4	RH_3	RH_2	RH		

Не остается в стороне от этой всеобщей тенденции к систематизации и химия. При этом для химии попытки систематизации и обобщения означали вообще упрочение ее как науки.

Приблизительно до середины XVII в. химия как наука вообще не существовала, а все химические познания объединялись алхимией. Причем эти химические познания представляли собой скопление чрезвычайно обширного фактического материала, выросшего в результате развития в эпоху Возрождения таких производств, как красильное дело, металлургия, а также на основе продолжавшихся попыток получения золота из неблагородных металлов.

Между тем, хаос эмпирических фактов превращается в науку только тогда, когда эти факты объединены в систему на основе какого-нибудь единого положения. Этот общий принцип устанавливается обычно на основе изучения ряда фактов, относящихся к какой-либо области знания, и затем, зная этот общий принцип, становится возможным уяснить сущность всех фактов, относящихся к этой отрасли знания.

Когда же в результате получения все новых и новых эмпирических данных оказывается, что старый общий принцип уже недостаточен для их объяснения, тогда начинаются поиски нового принципа, и таким образом совершается развитие науки.

Превращению химии в науку первоначально способствовала классификация разрозненных химических фактов на базе общего принципа, теории флогистона, предложенной Шталем (1660—1734 гг.).

Энгельс говорит: «Химия эмансипировалась от алхимии только благодаря теории флогистона» [1].

Однако теория флогистона, которая вначале более или менее удовлетворительно объясняла известные тогда химические явления, в конце концов, после почти столетнего существования, должна была сойти со сцены под давлением новых фактов.

Такими фактами оказались наблюдения, что в процессе сгорания металлы не только не уменьшают своего веса, но, наоборот, увеличивают его. Эти наблюдения могли быть сделаны только в связи с применением в химии нового метода исследования — метода взвешивания, сыгравшего крупнейшую роль в развитии химии.

Пришлось поэтому искать какой-то новый принцип, который объяснял бы новые наблюдения.

К этому времени в химической науке утверждается понятие об элементах, как о простых телах, — понятие, которое было введено еще Робертом Бойлем в его сочинении «Скептический химик» (1661 г.). И по мере того, как число этих простых тел увеличивалось, возникала все большая потребность в систематизации их.

Уже в 1787 г. ряд французских химиков, — Гийтон де-Морво, Лавуазье, Фуркруа и Бертоле — предлагает новую номенклатуру химических элементов в своем труде «Méthode d'une Nomenclature chimique». В предисловии к этой рациональной химической номенклатуре Лавуазье говорит, что ее важнейшая задача заключается в уточнении представлений о химических элементах и о классах химических соединений.

В этой систематизации химических фактов общим принципом уже является кислородная теория.

Возникновение кислородной теории, которая была направлена против учения о флогистоне, вызвало настоящую революцию в химии.

Однако и новая система вскоре оказывается уже недостаточной для охвата всего обилия эмпирического материала, который накапливался в результате интенсивной деятельности химиков во Франции и в других странах.

При этом следует отметить, что эта деятельность была теснейшим образом связана с развитием промышленности и в особенности таких отраслей ее, как металлургическая, керамическая, стекольная, мыловаренная и др.

В начале XIX в. Берцелиус выдвигает новый принцип систематизации химических элементов — деление на металлы и неметаллы. Но опять-таки с течением времени обнаруживается, что целый ряд веществ, которые относятся к группе металлов, обладают в то же время свойствами неметаллов, и наоборот. Таким образом вскоре опять вырастает необходимость в новой классификации.

Попытки классификации химических элементов по тому или иному признаку беспрерывно наблюдаются в течение всей первой и в начале второй половины XIX в. При этом все попытки подобного рода постоянно вращаются в конце концов вокруг вопроса о возможности существования одного «первичного элемента», из которого произошли все остальные элементы.

Сюда в первую голову относится гипотеза, выдвинутая в 1815 г. английским врачом Проутом о том, что все элементы являются скоплением различных атомов одного элемента водорода. Таким образом водород по Проуту является «первичным элементом», из которого произошли все остальные.

Надо сказать, что гипотеза Проута была встречена весьма враждебно всеми химиками того времени. Но для нас эта гипотеза особенно замечательна тем, что она выдвигает для систематизации элементов новый принцип, а именно — атомный вес. Это обстоятельство многие историки химии, не говоря уже об авторах многочисленных учебников химии, упускают из виду.

[1] «Диалектика природы», стр. 88, изд. 6-е.

С этого момента все попытки классифицировать химические элементы так или иначе связаны с их атомными весами. Так, в 1818 г. шведский химик Берцелиус публикует первую таблицу атомных весов, в которую входит 46 элементов.

В 1829 г. Деберейнер выдвинул идею триад на основе отмеченного им факта, что сходные между собою по химическим свойствам элементы можно сгруппировать в классы, состоящие из трех элементов. И в каждой из этих «триад» атомный вес среднего члена приблизительно равен среднему арифметическому весов двух крайних элементов. Так, например, калий (атомный вес равен 39,14), рубидий (атомный вес равен 85,4) и цезий (атомный вес равен 132,9), средний арифметический вес двух крайних членов равен 86,0, что довольно точно совпадает с атомным весом среднего члена.

В 1850 г. немецкий химик Петтенкофер и в 1851 г. французский химик Дюма независимо друг от друга обращают внимание на наличие нескольких групп элементов, сходных между собою по химическим свойствам, и устанавливают, что между этими свойствами и величинами атомных весов имеется какая-то связь.

В 1862—1863 гг. Шанкуртуа в ряде сообщений французской Академии наук докладывает о своей попытке систематизировать элементы, которые он расположил по винтовой линии, нанесенной на поверхность цилиндра, в порядке возрастания атомных весов.

В 1863 г. Ньюлэндс излагает свою мысль о периодичности атомных весов в Королевском обществе в Лондоне, причем он отмечает повторение свойств элементов через каждые восемь из них и группы сходных элементов называет октавами.

Наконец, в 1864 г. Лотар-Майер в книге «Новейшие теории химии» дает уже весьма развитую систему элементов, причем в этой системе атомный вес играет уже довольно крупную роль.

Таким образом мы видим, что различные представители химической науки еще до Менделеева устанавливали зависимость химических свойств элементов от их атомных весов и указывали на соблюдающиеся здесь закономерности.

Однако предшественники Менделеева не только не сделали из зависимости между свойствами элементов и их атомными весами тех гениальных выводов, которыми поразил научный мир Менделеев, но и не отличались необходимым мужеством мысли для защиты найденной зависимости.

Так, например, Лотар Майер, отмечая в упомянутой книге, что «нельзя сомневаться в наличии закономерностей в числах и величинах атомных весов», шесть лет спустя пишет: «Было бы поспешно изменять до ныне принятые атомные веса на основании столь непрочного пункта» (подчеркнуто нами—*А. М.*).

Другой пример. Когда Ньюлэндс докладывал в Королевском обществе в Лондоне свою систему элементов, расположенных в порядке возраставших атомных весов, один из слушателей задал ему вопрос: «А не пробовал ли докладчик расположить элементы в алфавитном порядке».

Понадобилось выступление Менделеева с его непоколебимой уверенностью в периодичности свойств элементов, которую он принял за закон природы и на основании которой он мог предсказать существование неизвестных элементов, для того чтобы новая система элементов получила всеобщее признание и прочно легла в основу дальнейшего развития химической науки.

* * *

Периодическая система элементов, созданная Менделеевым, имеет ряд недостатков, на которые указывал и сам ее автор.

Так, например, в вертикальных группах таблицы не всегда объединены действительно сходные элементы. Далее, то обстоятельство, что в VIII группе в каждой клетке стоят три элемента вместо одного, делает эту таблицу не совсем четкой. Основной же ее недостаток заключается в том, что в некоторых случаях элементы с меньшим весом следуют за элементами большего атомного веса. Так, например, аргон с атомным весом 39,9 находится в таблице впереди калия с атомным весом 39,1; кобальт с атомным весом 58,9 предшествует никелю с атомным весом 58,6; теллур сатомным весом 127,5 поставлен впереди иода, имеющего атомный вес 126,9.

Эти несовершенства системы не могут, однако, умалить огромного положительного значения ее для рациональной классификации химических элементов и трудно сказать, сумели ли бы химия и смежные с ней науки продвинуться к тем вершинам, которые завоевали теперь, без периодической системы Менделеева.

В самых кратких чертах значение ее можно формулировать следующим образом. Созданию периодической системы в значительной мере обязаны открытия нескольких неизвестных элементов, в том числе элементов, существование которых предсказал Менделеев, исходя из своей системы. Так, через некоторое время после опубликования Менделеевым периодической системы были открыты: галлий (по Менделееву эка-алюминий), скандий (эка-бор), германий (эка-кремний).

Благодаря периодической системе были исправлены величины атомных весов многих элементов. Так, удалось исправить атомные веса следующих элементов: церия, лантана, диспрозия, индия, которым до того приписывали атомный вес, в полтора раза меньший действительного; тория, урана, атомный вес которых до того принимали вдвое меньше дей-

ствительного; и эрбия, атомный вес которого был преуменьшен в три раза по сравнению с истинным.

Периодическая система позволила расширить наши знания о химических формах соединений, уяснить природу многих важных химических процессов, как явления полимеризации неорганических тел и др.

Периодический закон сыграл крупную роль в процессе дальнейшего развития физики и химии — при изучении радиоактивных веществ, строения атома, структуры атомного ядра и т. д. Здесь следует отметить, что начиная с последних десятилетий XIX в. и по сей день развитие химии совершается на основе теснейшей связи с физикой, так что в конце прошлого столетия возникает специальная промежуточная дисциплина — физическая химия, а в самое последнее время создается и химическая физика. Интересно, что еще Энгельс в «Диалектике природы» [1] указывает на необходимость связи между молекулярной и атомной науками и подчеркивает, что «именно здесь приходится ожидать величайших результатов» (разрядка Энгельса).

Одним из важнейших пунктов совместного приложения сил физиков и химиков в последние полвека является вопрос о строении вещества. В химии, как мы знаем, эта проблема имеет длинную историю. Если не касаться воззрений древних атомистов, начиная с Левкиппа и Демокрита, то атомная теория в химии впервые появляется в самом начале XIX в. в результате работ Дальтона.

В физике начало исследований о строении вещества связано с изучением электричества и в частности с открытием катодных лучей Э. Гольдштейном (1876 г.)

В 1895 г. В. Рентген, работая с катодными лучами, открывает новые лучи, названные его именем, а затем Анри Беккерель и супруги Кюри открывают и изучают явления радиоактивности. В результате этих работ было доказано, что атом не является последней мельчайшей частичкой материи и что есть более мелкие частицы материи — электроны.

В 1911 г. Резерфорд выступает со своей теорией строения атома и дает первую модель структуры атома. Согласно этой теории внутри атома находится заряженное положительным электричеством ядро, вокруг которого вращаются по различным орбитам электроны.

К этому времени появляется и ряд приборов, которые позволяют наблюдать отдельные составные части атома. Крукс изобретает спинтарископ, в котором находится небольшой экран, покрытый веществом, светящимся под влиянием лучей радия. Через лупу синтарископа можно наблюдать как α-частицы ударяют в экран, на котором благодаря этому возникают яркие блестки, так называемые сцинциляции. В 1912 г. Чарльз Вильсон создает чрезвычайно остроумно сконструированную камеру, с помощью которой удается получить так называемые «туманные» фотографии пути α-частиц.

Эти приборы уже дают возможность экспериментально доказать, что атом не представляет собой последней частицы материи, а в свою очередь состоит из отдельных частиц. Совершенно очевидно, что приборы подобного характера могли возникнуть только на базе мощного развития техники в конце XIX и начале XX в.

Точно так же теоретические работы по проникновению в тайны строения вещества, изучение электронов и т. д. несомненно стимулировались в значительной степени потребностями таких отраслей техники, как электротехника, радиотехника и т. п.

В 1913—1914 гг. Фаянс, Содди и др. опубликовывают свои работы, в которых они на основании изучения радиоактивных веществ констатируют наличие таких элементов, которые по своим химическим и физическим свойствам тождественны некоторым известным элементам, но в то же время отличаются от них атомным весом.

Таким образом были открыты как бы новые «элементы» или во всяком случае новые вещества, которые как-то надо было разместить в таблице Менделеева. Это казалось на первых порах весьма затруднительным делом, потому что для радиоактивных элементов в этой таблице имеется, например, только 12 мест, а в действительности элементарных радиоактивных веществ оказалось 37, причем атомный вес их колеблется в размере от 204 до 238.

Тут на помощь пришли рентгеновские лучи. В результате работ ряда ученых изобретается рентгеноскоп, благодаря которому удается получать и изучать рентгеновские спектры различных элементов.

Именно получение рентгеновских спектров разных элементов и их сравнительное изучение позволило в 1913 г. английскому физику Мозли установить, что каждый элемент обладает только ему одному свойственным характерным рентгеновским спектром и что между числом линий спектра каждого элемента и его порядковым номером в таблице Менделеева имеется вполне определенное соотношение.

В том же 1913 г. незадолго до Мозли физик ван-дер-Брук первый высказывает предположение, что порядковое число элемента, это — число положительных зарядов ядра атома.

В дальнейшем это было экспериментально доказано работами Э. Резерфорда и Дж. Чэдвика, и с тех пор расположение элементов в периодической системе Менделеева рассматривается с точки зрения возрастания в элементах числа положительных зарядов ядра атома.

И так как у разных изотопов одного и того же элемента оказалось одинаковое число положительных зарядов ядра, то их стали рассматривать только как разновидность одного и того же элемента и в качестве плеяды их очень легко было поместить в одну соответственную клетку периодической системы.

[1] Стр. 152, изд. 5-е.

Таким образом, после того как периодическая система элементов была реформирована Мозли и другими учеными, первоначальное расположение элементов в ней, установленное Менделеевым, оказалось совершенно непоколебимым. Через полстолетие, следовательно, гениальная смелость Менделеева, поместившего некоторые элементы, несмотря на их несоответственный атомный вес, в те клетки таблицы, в которые он считал нужным их поместить, получила блестящее экспериментальное обоснование.

Еще одним триумфом менделеевского периодического закона оказалось открытие В. Рамзаем (хронологически более раннее) ряда так называемых благородных газов, которые целиком уместились в нулевую группу периодической системы.

Несмотря на то, что ранее никто не предполагал возможности существования таких газов, как гелий, неон, аргон, криптон, ксенон, радон, несмотря на то, что сам Менделеев не оставил для них свободных клеток в своей таблице, их открытие не только не подорвало значения периодической системы, но, наоборот, укрепило ее. Возрастание атомных весов этих вновь открытых элементов было подчинено такой поразительной закономерности, что не пришлось «рубить окон» для вмещения их в таблицу. Все благородные газы были объединены в одну группу и оказались о р г а н и ч е с к и связанными с периодической системой.

В столетнюю годовщину рождения автора периодической системы элементов мы можем, следовательно, констатировать, что эта система блестяще выдержала проверку времени. А главное мы можем отметить, что это гениальное обобщение послужило базой для ряда других, великих и плодотворных научных обобщений, о которых Менделеев не мог и предполагать, создавая свою систему.

* * *

Касаясь дальнейшего развития учения о строении вещества, надо особенно отметить работы датского ученого Нильса Бора. Теория Бора значительно расширила представления о строении атома и оказалась основой крупнейших достижений в этой области в дальнейшем. Она же придала новый смысл периодической системе элементов и позволила понять то, что казалось загадочным в таблице Менделеева.

Вместо ядерной теории Резерфорда, которая не объясняла, как же расположены электроны в атоме, от чего в сущности и зависят химические свойства элементов, Бор выдвинул свою модель строения атома, зиждящуюся на трех основных принципах.

Согласно модели Бора электроны в атоме вращаются не по любым орбитам, а по вполне определенным, так называемым к в а н т о в ы м или у с т о й ч и в ы м орбитам. Это положение Бор выставил в качестве первого постулата своей теории.

Дальше Бор доказал, что при вращении электронов по одной из квантовых орбит они вовсе не излучают энергии, как это предполагал Э. Резерфорд.

Испускание же атомом лучистой энергии Бор объясняет своим третьим постулатом, который гласит, что эта потеря атомом энергии происходит во время «перескока» электрона с орбиты, находящейся дальше от ядра, на орбиту, более близкую к нему. Обратный «перескок» электрона с более близкой орбиты на более удаленную сопровождается увеличением внутреннего запаса энергии атома.

Выдвигая свои постулаты, Бор вначале предполагает, что электроны движутся вокруг ядра группами по одним и тем же круговым орбитам. Таким образом вокруг ядра должно было находиться несколько концентрических колец. Однако впоследствии выяснилось, что каждый электрон имеет свою орбиту и что все эти орбиты наклонены друг к другу под различными углами.

На основании этих данных развитие теории Бора им самим и рядом других исследователей, как Коссель, Стонер, Свинне, Паули, привело к представлению о существовании вокруг ядра электронной оболочки из ряда слоев, на которых и располагаются электроны.

Каждый из слоев электронной оболочки по мере удаления от ядра атома обозначается буквами *K*, *L*, *M*, *N*, *O*, *P* и *Q*. Ясно, конечно, что не все элементы имеют одинаковое количество электронных слоев. Гелий, например, число внеядерных электронов которого равно двум, имеет один только электронный слой *K*. Уран, вокруг ядра которого вращается 92 электрона, характеризуется наличием семи электронных слоев. И если мы начнем разбор строения слоев электронных оболочек каждого элемента, передвигаясь в порядке их расположения в таблице Менделеева от водорода к урану, мы увидим, как с увеличением числа внеядерных электронов происходит как бы «постройка» каждого из этих электронных слоев.

Следующая таблица на стр. 192 характеризует группировки электронов по слоям во всех элементах.

Из этой таблицы видно, что неон, например, обладает только двумя электронными слоями *K* и *L*, из которых *K* имеет два, а *L* — восемь электронов. Аргон характеризуется наличием трех слоев: *K*, *L* и *M*. Криптон имеет уже четыре слоя: *K*, *L*, *M* и *N*.

Мы не будем рассматривать строения электронной оболочки атомов всех элементов. Отметим только, что химические свойства элементов зависят от количества электронов в наружном слое электронной оболочки. Если число электронов этого наружного слоя меньше восьми, как у всех элементов за исключением благородных газов, то такие элементы характерны определенным стремлением к соединению с другими элементами, т. е. у них проявляется «валентность» — одно из основных химических свойств. Если же наружный слой электронной оболочки, как у благородных газов, имеет восемь электронов, или, как говорят, полностью достроен, то такой элемент не обладает никакой валентностью.

Группировка электронов в атомах химических элементов

Элементы	Электронные слои							Элементы	Электронные слои						
	K	*L*	*M*	*N*	*O*	*P*	*Q*		*K*	*L*	*M*	*N*	*O*	*P*	*Q*
1 H	1	—	—	—	—	—	—	47 Ag	2	8	18	18	1	—	
2 He	2	—	—	—	—	—	—	48 Cd	2	8	18	18	2	—	
3 Li	2	1	—	—	—	—	—	49 In	2	8	18	18	3	—	—
4 Be	2	2	—	—	—	—	—	50 Sh	2	8	18	18	4	—	—
5 B	2	3	—	—	—	—	—	51 Sd	2	8	18	18	5	—	—
6 C	2	4	—	—	—	—	—	52 Te	2	8	13	18	6	—	—
7 N	2	5	—	—	—	—	—	53 J	2	8	18	18	7	—	—
8 O	2	6	—	—	—	—	—	54 Xe	2	8	18	18	8	—	—
9 F	2	7	—	—	—	—	—	55 Cs	2	8	18	18	8	1	—
10 Ne	2	8	—	—	—	—	—	56 Ba	2	8	18	18	8	2	—
11 Na	2	8	1	—	—	—	—	57 La	2	8	18	18	8+1	2	—
12 Mg	2	8	2	—	—	—	—	58 Ce	2	8	13	18+ 1	8+1	2	—
13 Al	2	8	3	—	—	—	—	59 Pr	2	8	18	18+ 2	8+1	2	—
14 Si	2	8	4	—	—	—	—	60 Nd	2	8	18	18+ 3	8+1	2	—
15 P	2	8	5	—	—	—	—	61 Il	2	8	18	13+ 4	8+1	2	—
16 S	2	8	6	—	—	—	—	62 Sm	2	8	18	18+ 5	8+1	2	—
17 Cl	2	8	7	—	—	—	—	63 Eu	2	8	18	13+ 6	8+1	2	—
18 Ar	2	8	8	—	—	—	—	64 Gd	2	8	13	18+ 7	8+1	2	—
19 K	2	8	8	1	—	—	—	65 Tb	2	8	18	18+ 8	8+1	2	—
20 Ca	2	8	8	2	—	—	—	66 Dy	2	8	13	18+ 9	8+1	2	—
21 Sc	2	8	8+1	2	—	—	—	67 Ho	2	8	13	13+10	8+1	2	—
22 Ti	2	8	8+2	2	—	—	—	68 Er	2	8	18	18+11	8+1	2	—
23 V	2	8	8+3	2	—	—	—	69 Tu	2	8	13	18+12	8+1	2	—
24 Cr	2	8	8+4	2	—	—	—	70 Yb	2	8	13	13+13	8+1	2	—
25 Mn	2	8	8+5	2	—	—	—	71 Lu	2	8	18	18+14	8+1	2	—
26 Fe	2	8	8+6	2	—	—	—	72 Hf	2	8	18	32	8+2	2	—
27 Co	2	8	8+7	2	—	—	—	73 Ta	2	8	18	32	8+3	2	—
28 Ni	2	8	8+8	2	—	—	—	74 W	2	8	18	32	8+4	2	—
29 Cu	2	8	13	1	—	—	—	75 Re	2	8	13	32	8+5	2	—
30 Zn	2	8	13	2	—	—	—	76 Os	2	8	18	32	8+6	2	—
31 Ga	2	8	18	3	—	—	—	77 Ir	2	8	13	32	8+7	2	—
32 Ge	2	8	18	4	—	—	—	78 Pt	2	8	13	32	8+8	2	—
33 As	2	8	18	5	—	—	—	79 Au	2	8	18	32	18	1	—
34 Se	2	8	18	6	—	—	—	80 Hg	2	8	18	32	18	2	—
35 Br	2	8	13	7	—	—	—	81 Tl	2	8	13	32	18	3	—
36 Kr	2	8	18	8	—	—	—	82 Pb	2	8	18	32	13	4	—
37 Rb	2	8	18	8	1	—	—	83 Bi	2	8	13	32	18	5	—
38 Sr	2	8	18	8	2	—	—	84 Po	2	8	13	32	18	6	—
39 Y	2	8	18	8+1	2	—	—	85 —	2	8	18	32	18	7	—
40 Zr	2	8	13	8+2	2	—	—	86 Em	2	8	18	32	18	8	—
41 Nb	2	8	18	8+3	2	—	—	87 —	2	8	18	32	18	8	1
42 Mo	2	8	18	8+4	2	—	—	88 Ra	2	8	13	32	18	8	2
43 Ma	2	8	13	8+5	2	—	—	89 Ac	2	8	18	32	18	8+1	2
44 Ru	2	8	18	8+6	2	—	—	90 Th	2	8	13	32	18	8+2	2
45 Rh	2	8	18	8+7	2	—	—	91 Pa	2	8	18	32	18	8+3	2
46 Pd	2	8	18	8+8	2	—	—	92 U	2	8	18	32	18	8+4	2

Таким образом строение атома и в частности строение наружного слоя электронной оболочки атома полностью объясняет природу валентности — одного из краеугольных камней всего здания химической науки.

На основе теории Бора периодическая система элементов оказалась лишенной тех недостатков, которые были характерны для нее раньше.

Прежде всего из постулатов Бора выросла гениальная гипотеза Мозли о значении атомного числа в периодической системе [1]. Теперь стало понятным прежде всего, почему в таблице Менделеева некоторые элементы с большим атомным весом находятся перед элементами с меньшим атомным весом, как Ar и K, Te и J, Co и Ni, Th и Pa.

Получило свое объяснение то обстоятельство, что в VIII группе каждая клетка содержит по три элемента. Оказывается, что наружный слой электронной оболочки каждого из элементов этой группы содержит одинаковое количество электронов, в то время как число таковых во внутренних слоях оболочки атома различно.

Это же положение, т. е. одинаковое количество электронов наружного слоя оболочки и разное во внутренних слоях, относится также к элементам редких земель. Поэтому теперь совершенно понятно, почему все эти 15 редкоземельных элементов находятся в одной клетке таблицы Менделеева.

Казавшееся раньше необъяснимым, почему различные периоды содержат неодинаковое количество элементов, объяснено теперь также, исходя из характера строения наружного слоя электронной оболочки.

Электронная теория строения атома установила, что от водорода до урана может быть только 92 элемента. Разумеется, этим не исключена возможность открытия нового элемента, который может поместиться после урана.

Уже из того, что здесь изложено, видно, как много нового внесло в науку учение о строении атома.

Однако лишь в возможности приложения этого учения к практике открывается настоящее его значение. Осуществление таких задач, как превращение элементов друг в друга, использование внутриатомной энергии и др., почти открывают безграничные перспективы в технике.

Но и такие, казалось бы, исключительно теоретические достижения современной науки, как нахождение целого ряда новых изотопов, уже сулят весьма многое для практики.

Так, из открытого года три назад тяжелого изотопа водорода с атомным весом 2 удалось получить так называемую тяжелую воду с удельным весом 1,1, обладающую совершенно неожиданными физиологическими свойствами. Тяжелая вода смертельно действует на организмы и не дает возможности произрастать семенам. Мы еще не знаем, к каким результатам приведут дальнейшие исследования тяжелой воды, но надо полагать, что уже в ближайшие годы она приобретет большое практическое значение.

Мы не можем здесь останавливаться на целом ряде других достижений современной науки, ибо это далеко расширило бы рамки нашей темы.

Необходимо здесь еще только отметить, что в области строения атома нам уже известно, что кроме протонов и внутриядерных электронов, составляющих ядро атома, кроме внеядерных электронов, вращающихся по эллиптическим орбитам вокруг ядра, в состав атома входят еще и другие частицы материи. В 1932 г. Чэдвик открыл в атоме нейтрон, а Андерсэн и Блэккет — позитрон. Позитрон — это настолько мелкая частица материи, что она почти в две тысячи раз меньше протона, который до сих пор считался по объему самой меньшей частицей атома.

Таким образом блестяще оправдалось предвидение Ленина, писавшего еще в 1908 г. в «Материализме и эмпириокритицизме»: «Электрон так же неисчерпаем, как и атом» (подчеркнуто Лениным).

Но ко всем этим изумительным достижениям в области изучения строения вещества, которые главным образом были сделаны физиками, можно было притти только на базе предыдущего детального изучения отдельных элементов химическими методами. И в этом углубленном изучении вещества таблица Менделеева оказала незаменимую помощь.

И понятно, что «без периодической системы элементов, — как говорит акад. С. Семковский,—не могла бы, конечно, осуществиться и теория атома Бора».

* * *

Открытие периодического закона великолепно подтвердило правильность применения метода диалектического материализма и в отношении неорганической природы. Давая характеристику закона Гегеля о переходе количества в качество, который «подтверждается на каждом шагу в биологии и в истории человеческого общества», Энгельс так оценивает периодическую систему: «Менделеев, применяя бессознательно гегелевский закон о переходе количества в качество, совершил научный подвиг, который смело можно поставить рядом с открытием Леверрье, вычислившего орбиту еще неизвестной планеты Нептун» [2].

[1] Основные статьи Бора о строении атома появились в печати в июле и ноябре 1913 г., Мозли опубликовал свои работы в декабре 1913 г. и в апреле 1914 г.

[2] «Диалектика природы», стр. 129, изд. 6-е.

Энгельс недаром отмечает «бессознательность» применения Менделеевым гегелевского закона о переходе количества в качество, ибо мышление последнего, как и подавляющего большинства всех ученых буржуазного общества, отличалось метафизичностью.

Это достаточно отчетливо видно из следующего факта. Несмотря на то, что сколько-нибудь глубокое изучение периодической системы, даже до открытия явлений радиоактивности и изучения строения атома, уже говорило в пользу мысли о единстве материи, Менделеев до конца своей жизни оставался убежденным противником этой идеи и не верил в возможность превращения элементов друг в друга.

В своей «фарадеевской лекции» Менделеев говорит: «Признавая единство во многом, необходимо, однако, произвести индивидуальность и видимое множество, всюду проявляющиеся. Давно сказано: дайте точку опоры — и землю легко сдвинуть. Так должно сказать: дайте что-либо индивидуализованное и станет легко понять возможность видимого многообразия. Иначе — единое как же даст множество?»[1].

«Из всего сказанного, равно как из тщетности или несостоятельности множества попыток найти опытные и умозрительные доказательства мысли о сложности элементов и о первичной материи, по моему мнению, очевиден тот вывод, что эта мысль должна быть отнесена к числу утопических».

Когда же представление о существовании электронов стало общепризнанным, когда были открыты явления радиоактивности и другие явления, дающие «доказательства мысли о сложности элементов», Менделеев выступает в 1902 г. со статьей «Попытка химического понимания мирового эфира».

Эту «попытку» он предпринимает, чтобы опровергнуть представление о сложности атома, и для этого выдвигает гипотезу, что эфир — это особый химический элемент с весьма малым атомным весом. Говоря о том, что «всякое представление о дроблении атомов» является «противоречащим современной научной дисциплине», он утверждает, что «явления, в которых признается дробление атомов, могут быть понимаемы как выделение атомов эфира, всюду проникающего и признаваемого всеми».

Развивая свою гипотезу об эфире как о химическом элементе, который он предлагает назвать «ньютонием» и обозначает символом «X», Менделеев отмечает, что эта гипотеза вызвана реальным стремлением замкнуть реальную периодическую систему известных химических элементов предлогом или гранью низшего размера атомов».

И дальше он говорит: «Не представляя себе возможности сложения известных элементов из водорода, я не могу считать их и сложенными из элемента X, хотя он легче всех других. Не могу допустить этой мысли не только потому, что ничто не наводит мыслей на возможность превращения одних элементов в другие, и если бы элементы были сложными телами, так или иначе это отразилось бы на опытах, но особенно потому, что не видно при допущении сложности элементов никаких выгод или упрощения в понимании тел и явлений природы. А когда мне говорят, что единство материала, из которого сложились элементы, отвечает стремлению к единству во всем, то я свожу это стремление к тому, с чего начата эта статья, т. е. к неизбежной необходимости отличать в корне вещество, силу и дух (подчеркнуто нами — *А. М.*), и говорю, что зачатки индивидуальности, существующие в материальных элементах, проще допустить, чем в чем-либо ином, а без развития индивидуальности никак нельзя признать никакой общности. Словом, я не вижу никакой цели в преследовании мысли о единстве вещества, а вижу ясную цель как в необходимости признания единства мирового эфира, так и в реализировании понятия о нем, как о последней грани того процесса, которым сложились все другие атомы элементов, а из них все вещества. Для меня этот род единства гораздо больше говорит реальному мышлению, чем понятие о сложении элементов из единой первичной материи».

Чем объясняется такой консерватизм у такого гиганта мысли, каковым был Менделеев?

В истории науки неоднократно наблюдаются подобные факты.

Так, например, Берцелиус, бывший корифеем химической науки начала XIX в., создавший электрохимическую теорию химических соединений, никак не мог признать теории замещения. Бертло и Девиль упорно отрицали преимущества структурной теории, хотя очевидность была против них. Бунзен не признавал существования ацетилена и его присутствия в светильном газе.

Можно привести еще очень много примеров подобного консерватизма.

Объясняются же все они тем, что большинству ученых представителей буржуазного общества недостает того монистического мировоззрения, которое единственно способно рассматривать явления в их непрерывной изменяемости.

Для научных работников нашей эпохи пример ошибок Менделеева должен послужить лишним доказательством необходимости освоения метода диалектического материализма, умелое применение которого гарантирует правильный ход научного творчества.

Несмотря, однако, на отдельные научные ошибки и крупнейшие идейные и политические просчеты, Менделеев велик могучим дерзновением своей мысли, огромным даром научного обобщения, широким размахом своей научной и практической деятельности.

Но этому титану мысли и дела, этому преданному и талантливому бойцу развивающегося русского капитализма было тесно в отсталой, инертной и жестокой

[1] Журнал Русского химического общества, т. XXI, 1889 г.

царской России. Самое многообразие его деятельности, в конце концов слишком разносторонней для профессора химии, в значительной мере объясняется ужасающим безлюдьем старой России и обусловленной этим попыткой «заткнуть собой все дыры».

Если периодическая система Менделеева выдержала проверку временем, то время же доказало, насколько развитие науки и практическая эффективность ее зависят от характера того общественного строя, которому она служит. За немногие годы мирного социалистического строительства, свидетелями и участниками которого мы являемся, советская химическая наука и химическая промышленность в новых общественных условиях сумели пройти такой блестящий путь, о котором вряд ли мог даже мечтать Менделеев каких-нибудь 30 лет назад.

Менделеев, которому приходилось долго и безуспешно бороться за увеличение нищенских смехотворных субсидий немногим химическим лабораториям, Менделеев, который мог только с завистью наблюдать, как растет химическая промышленность в Германии и как медленно возникают тщедушные и редкие химические заводики в его стране, Менделеев, который разбрасывал множество интереснейших идей, тут же погибавших на бесплодной почве российского капитализма,— этот Менделеев мог бы увидеть сегодня возникшие у нас могучие химические комбинаты, развернутую сеть исследовательских институтов и лабораторий, в которых сотни, если не тысячи, химиков и физиков ведут интенсивную научную работу. Он увидел бы, как одна за другой претворяются в жизнь «заветные мысли» лучших представителей науки и техники и в том числе его собственные мечты об исследовании стратосферы и подземной газификации угля.

Субъективно Менделеев был жестоким врагом социализма. Объективно же и исторически его фигура является кричащим несоответствием между узостью и уродством феодально-капиталистического строя и теми гигантскими возможностями, которые способны дать наука и ее лучшие представители. Только в социалистическом обществе люди подобные Менделееву, могут полностью развернуть свои таланты и свою энергию. И с этой точки зрения следует сказать, что Менделеев родился слишком рано.

Выставка „Наши достижения“

К началу работ XVII партсъезда в здании Московского политехнического музея открылась всесоюзная выставка «Наши достижения».

Выставка должна была показать рост социалистического строительства СССР за последние 5 лет и явилась иллюстрацией к отчетным докладам ЦК партии XVII партсъезду.

Идея выставки зародилась в первых числах января, открытие ее было приурочено к началу работ съезда; таким образом на все строительство был дан жесткий срок в 20 дней.

Строительство выставки потребовало огромной подготовительной работы: надо было в кратчайший срок приспособить здание Политехнического музея к приему нескольких тысяч экспонатов, из которых отдельные весили до 9 тонн. Для обеспечения энергией действующих моделей пришлось увеличить мощность трансформатора музея и ввести дополнительно 30 *км* проводки. Все 20 зал, отведенные для выставки, требовали значительного переоборудования и ремонта.

К строительству выставки было привлечено свыше тысячи инженеров, художников, методистов, монтеров и строительных рабочих. Ударная и самоотверженная работа всего коллектива дала возможность закончить строительство выставки в намеченный срок и явилась сама по себе одним из достижений, показанных на выставке.

25 января Политехнический музей открыл свои двери. Панорама выставки, раскрывшаяся на площади в 6 тыс. $м^2$, показала делегатам съезда, а позднее трудящимся всей Москвы грандиозный рост индустриализации нашей страны, огромнейшие успехи в деле освобождения от иностранной зависимости и блестящее выполнение плана первой пятилетки.

Выставка на тысячах экспонатов действительно показывает, как шаг за шагом мы овладевали высотами современной техники, создавали новые, невиданные у нас отрасли промышленности.

Выставка показывает мощную волну коллективизации сельского хозяйства, поднявшуюся с 1,4 млн. *га* в 1928 г. до 93,9 млн. *га* в 1933 г. Пятикратное увеличение потребления минеральных удобрений. Десятикратный рост мощности тракторного парка. Рост материального благосостояния колхозников и единоличных крестьян.

И, наконец, выставка демонстрирует в наглядной форме качественный и количественный рост нашей металлургии, успехи химической промышленности, достижения в области моторостроения, высокие качества нашей авиации, обеспечивающей независимость и охрану мирного труда нашей страны.

Выставка далеко не исчерпывает всех достижений социалистического хозяйства. Слишком короткий срок был дан для ее подготовки.

Машины для производства машин

Станкостроительной промышленности на выставке отведено самое большое и видное место — весь первый этаж. И это понятно. Машины для производства машин — ключ к индустриализации страны, опора нашей независимости.

Станкостроительная промышленность — самая молодая из отраслей нашего народного хозяйства. Она — ровесница пятилетки. Свое право на жизнь она выковала путем напряженнейшей борьбы с различными враждебными силами — от уклонистов до вредителей включительно. Вот почему каждый станок на выставке для нас не только машина, а очередной этап борьбы.

Уже в начале первой пятилетки, предусматривавшей строительство трех станкостроительных заводов (Москва, Горький и Харьков), иностранные фирмы почуяли опасность утери СССР как покупателя импортного оборудования. Через вредительские группы специалистов была выдвинута теория о нецелесообразности строительства таких заводов у нас. Только с раскрытием и ликвидацией вредительских организаций наше станкостроение сталео на тверды рельсы.

Догнать и Перегнать

На первых порах предстояло решить чрезвычайно сложный вопрос о типе выпускаемых станков и масштабе их производства. На заводе «Красный пролетарий», который подлежал реконструкции в первую очередь, господствовало мнение, что наиболее подходящим станком для наших условий является освоенный им универсальный токарно-винторезный станок, получивший наименование ДИП (Догнать и Перегнать).

Сторонники этого течения утверждали, что все внимание станкостроительной промышленности должно быть сосредоточено на ограниченном количестве типов универсальных станков с тем, чтобы сразу же наладить массовое их производство. В соответствии с этим, производственная программа «Красного пролетария» на 1933 г. намечалась в 6 000 станков одного типа ДИП.

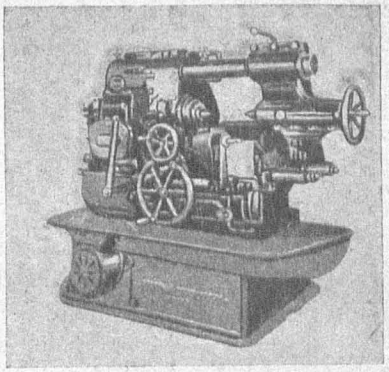


Рис. 1. Многорезцовый токарный станок МТ-30. Максимальный диаметр обрабатываемого предмета 350 *мм*. Число скоростей шпинделя 12

Первый удар «теории» массового производства однотипных станков нанес общественно-технический суд, проведенный в 1932 г. над станком ДИП. Решение суда показало, что станок ДИП при всех его положительных качествах пригоден главным образом для инструментальных заводов и ремонтных цехов. Заводы же, занятые массовым производством, нуждаются не в универсальных станках, а в специализированных, обладающих возможностью выполнять одну определенную работу в минимально короткий срок.

Приказ № 557

Спор о типе потребного нам станка сразу же приобрел огромное политическое значение, ибо от него зависели темпы строительства автотракторной промышленности и, следовательно, индустриализации всей страны.

В соответствии с принятым высшими партийными органами решением, т. Орджоникидзе в приказе за № 557 расширил номенклатуру выпускаемых нами типостанков до 200, с тем, что массовое производство однотипных станков должно уступить место серийному мелкосерийному и в некоторых отдельных случаях даже индивидуальному производству.

«Индекс»—тип станка второй пятилетки

В связи с приказом т. Орджоникидзе производственная программа завода «Красный пролетарий» потерпела резкие изменения. В 1934 г. на этом заводе будет выпущено всего 900 станков типа ДИП. Вся же остальная работа завода переключается на серийное производство специализированных станков.

Истекший год принес заводу «Красный пролетарий» огромные победы и в области специализированного станкостроения. Демонстрируемые на выставке многорезцовые станки МТ-20, МТ-30 типа «Санстренд» и зубодолбежный станок типа Лоренц представляют модели специализированных станков, освоенных заводом. За эту работу завод «Красный пролетарий» был награжден орденом.

Наглядное преимущество специализированных станков для заводов массового производства перед универсальными демонстрируется тут же, на выставке. Обточка и нарезка зубьев для тройной зубчатки (часто встречающаяся деталь) требуют на универсальном токарном и фрезерном станках не менее 4—5 час. Та же зубчатка на станках МТ-20 и зубодолбежном изготовляется в течение 23 мин.

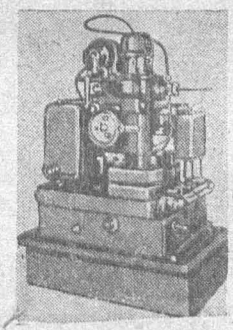


Рис. 2. Зубодолбежный станок 3-Д-18

Восторг посетителей выставки вызывает тип станка второй пятилетки — револьверный автомат «Индекс». Пензенский велосипедный завод им. Фрунзе

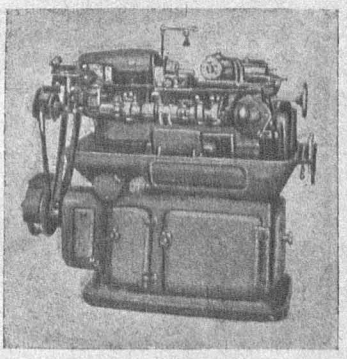


Рис. 3. «Индекс» — Тип станка второй пятилетки

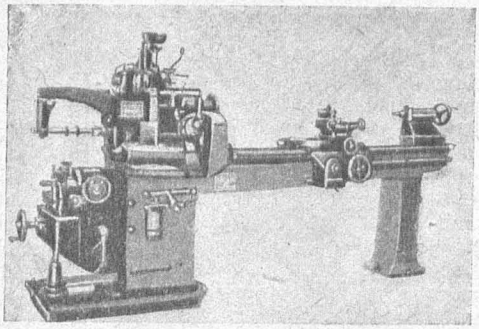


Рис. 4. Комбинированный станок «КСК» завода «Комсомолец» в Егорьевске

наладил у себя производство таких револьверных автоматов. Эти автоматы изготовляют шурупы, болты, гайки и втулки диаметром до 12 *мм*. Такой же тип станка осваивается сейчас заводом револьверных станков им. Орджоникидзе в Москве.

Рядом с этим шедевром советской техники выставлен образец дооктябрьской самоточки — допотопной машины, приводимой в движение ногой. Производство специализированных станков ни в какой мере не умаляет значения универсальных токарных и фрезерных, которые представлены на выставке разнообразными и интересными экспонатами. Горьковский завод фрезерных станков демонстрирует три фрезерных станка типов 612, 615, 682.

Для нужд среднего и крупного машиностроения на выставке демонстрируются мощные револьверные станки завода им. Орджоникидзе в Москве. Станки рассчитаны на выполнение крупных прутковых и патронных револьверных работ из материала круглого, шестигранного и квадратного сечения. Работа станков осуществляется помощью индивидуальных электромоторов (10—15 *л. с.*), смонтированных на вертикальной плите, крепящейся к нижней бабке станка.

Револьверный суппорт этих станков имеет автоматическое рабочее и холостое поступательное передвижение. На каретке смонтирована шестигранная головка, которая предусматривает возможность крепления различного рода нормального и специального инструмента. Наибольший диаметр обтачиваемого прутка 63 *мм*, высота центра над станиной 210 *мм*.

Для изготовления мелких деталей на выставке демонстрируются настольные револьверные станки производства завода № 3 и им. Дзержинского в Перми. Широко представлен тип станков, предназначенных для выполнения специальных работ: фрезерный автоматический станок для прорезки шлицов на винтах. Станок освоен на Днепропетровском заводе «Красный Профинтерн».

Обращает на себя внимание комбинированный станок «КСК» производства завода «Комсомолец» в Егорьевске. Станок представляет комбинацию четырех станков: токарного, фрезерного, сверлильного и шепинга. Станок предназначен для машино-тракторных станций.

Из сверлильных станков наибольший интерес представляют: двухшпиндельный станок СВ-18, освоенный заводом им. Ленина в Одессе, и радиально-сверлильный станок Харьковского завода (наибольший диаметр сверления 65 *мм*).

Разнообразный ассортимент станков демонстрируется авиазаводом № 25: здесь сверлильный станок для рассверловки отверстий в цилиндрах авиационных двигателей, накаточный для накатки флянцевых винтов и т. д.

Заслуживают внимания образцы станков, изготовленных опытным станкостроительным заводом ЦИТ. Особенность этих станков заключается в том, что они собираются из стандартных, заранее приготовленных узлов (коробки скоростей, коробки подач и т. д.), могущих в разных комбинациях давать токарный, сверлильный или фрезерный агрегат. На этих станках ЦИТ демонстрирует впервые применяемую им станину из железобетона.

Советское станкостроение вышло сейчас на большую дорогу и может уже справиться с изготовлением любого станка. На XVII съезде партии т. Орджоникидзе сказал: «Мы имеем значительное количество новых станков, построили очень неплохие заводы станков и инструментов, оборудовали их и имеем программу в этом году на 19 тыс. станков. В числе их около 63 новых типов станков должно быть построено в этом году. Но для того, чтобы оборудовать будущие автомобильные заводы, которые мы начинаем строить в этом году, для этого нам нужно огромное количество станков. Мы должны уже сегодня сделать разбег для 1937 г.»

И выставка действительно убеждает, что силами нашей технической интеллигенции и рабочего класса мы сумеем одолеть задачу, поставленную XVII партсъездом в области станкостроения.

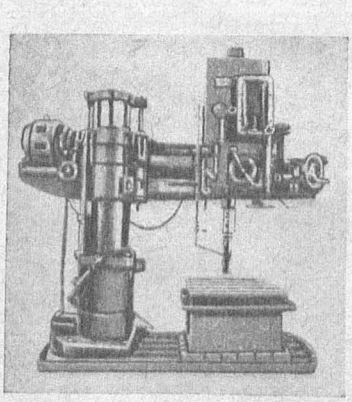


Рис. 5. Радиально-сверлильный станок Харьковского завода (наибольший диаметр сверления 65 *мм*

От 500 до 50 000 *квт*

Огромные успехи в области крупного машиностроения демонстрируют две модели паровых турбин, представленные на выставке в $^1/_{10}$ натуральной величины. Обе турбины построены Ленинградским металлическим заводом. Первая турбина мощностью в 500 *квт* построена в

1928 г., вторая турбина построена тем же заводом в 1933 г. мощностью в 50 000 *квт*. Рядом диаграмма демонстрирует продукцию ленинградских заводов, выпускающих гидро- и паротурбины, мощные генераторы и паровые котлы.

Из экспонатов крупного машиностроения обращают на себя внимание модели мощных установок Сталиногорского химического комбината (Бобрики) и в первую очередь паровой котел, построенный для него на Ленинградском металлическом заводе им. Сталина.

Размеры этого котла грандиозны: уходя под землю на глубину двухэтажного дома, он поднимается над ее поверхностью на 28 *м* и занимает площадь в 240 *м*². 10 мощных форсунок нагнетают пылевидное топливо и воздух; пар поднимается вверх по 1 500 трубам, общей поверхностью в 2 500 *м*². Температура пара доходит до 435°, давление до 24 *ат*. Мощность питаемой этим паром турбины составляет 50 тыс. *квт*. Модель дана в $^1/_{20}$ натуральной величины.

Для того же Сталиногорского комбината на заводе им. Фрунзе изготовлен сверхмощный компрессор, представленный на выставке в виде модели. Компрессор предназначен для производства синтетического аммиака.

Компрессор имеет 6 ступеней сжатия, причем давление в последнем цилиндре достигает 300 *ат*. Производительность этой мощной установки 10 тыс. *м*³ пара в час. Приводится в движение паровой машиной компаунд двойного расширения мощностью 2 800 *л. с.*

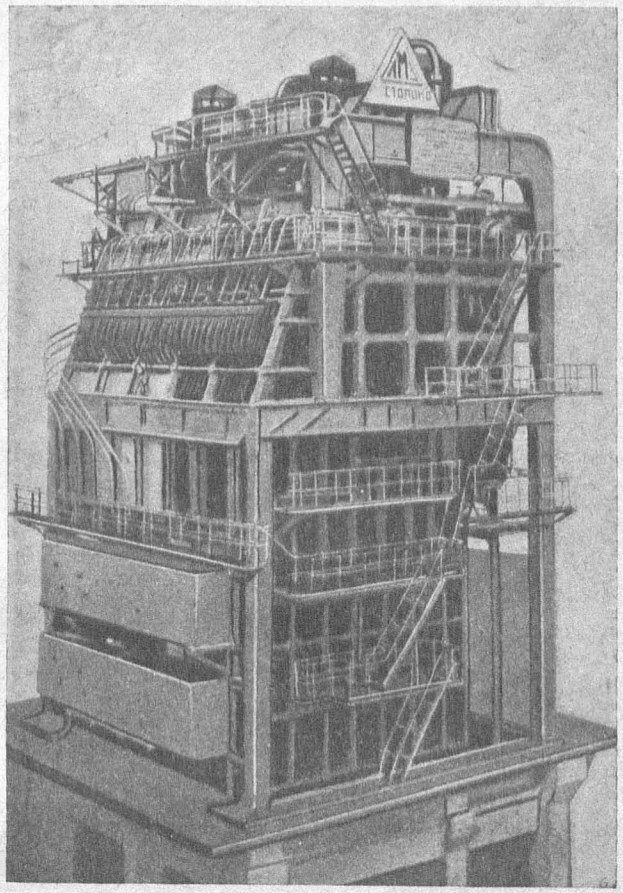


Рис. 6. Паровой котел Сталиногорского химического комбината

В том же отделе энергетики демонстрируется импульсный генератор в 500 тыс. *в*. Эта установка в свое время была сконструирована Украинским физико-техническим институтом (УФТИ) для расщепления атомного ядра. В настоящее время такие установки применяются для защиты аппаратуры от грозовых аварий и проверки высоковольтных аппаратов.

Городской ток повышается в трансформаторе до 50 тыс. *в*. Затем помощью кенотронной лампы ток выпрямляется из переменного на постоянный. Одна фаза проводки подается к внешним прокладкам 10 конденсаторов, соединенных параллельно. Вторая внутренняя фаза заземлена. Конструкция конденсаторов рассчитана на напряжение в 50 тыс. *в*.

Руководитель отдела выставки повышает напряжение в автотрансформаторе сверх 50 тыс. *в*. Ток пробивает искровые промежутки между шариками конденсатора, вследствие чего создается последовательное соединение, и в конце проводки получается суммарное напряжение в 500 тыс. *в*. Напряжение передается на огромное медное острие, отстоящее от другого медного острия на расстоянии 0,5 *м*. 500 тыс. *в* прорывают полуметровое расстояние между медными иглами и на глазах публики происходит мощный разряд. Ток уходит в землю.

Значительно слабее по сравнению с металлорежущими станками представлено на выставке общее машиностроение. Недостаток площади и краткость времени, данного для подготовки выставки, сказались на количестве экспонатов сельскохозяйственного, транспортного, текстильного и других видов машиностроения.

Пестроткацкий «думающий» автомат

Изумление посетителей вызывает ткацкий автомат, сконструированный советским специалистом т. Смуляком.

Станок этот, предназначенный для выработки пестрых тканей с рисунком, тут же на выставке демонстрирует свою работу — выпускает готовую четырехцветную шотландку. Все в этом станке автоматизировано. Станок автоматически натягивает и подает намо-

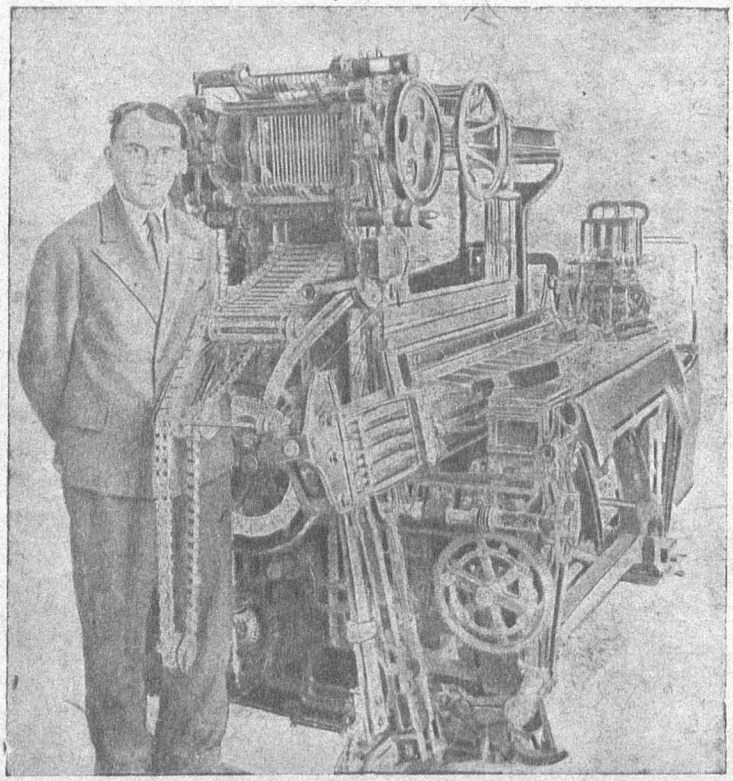


Рис. 7. Пестроткацкий автомат системы Смуляка

танную на рулон основу. По мере переплетения цветов и рисунков ткани автоматически подает в челнок нитку нужного цвета. Также автоматически станок заменяет сработанные початки готовыми и накатывает на рулон готовый товар.

Конструкция станка предусматривает всеслучайности, могущие затормозить его работу или повлиять на качество выпускаемой продукции: порвется ли нитка основы или утка, допущена ли неправильность при первоначальной установке челнока, дан ли неправильный толчок погонялкой, — все это вызывает немедленное выключение мотора и прекращение работы.

Более того, станок снабжен специальным приспособлением, дающим возможность исправить допущенную ошибку и разобрать бракованную ткань, если брак оказался незамеченным.

При незначительных конструктивных изменениях станок с одинаковым успехом выпускает бумажную, шерстяную и камвольную ткани. Производительность станка 25—28 *м* в рабочий день. Один ткач руководит работой 12 таких автоматов.

4 января 1934 года автомат успешно закончил испытания, назначенные правительственной комиссией, и сейчас сдан в качестве образца для производства четырехчелночных станков цветных тканей.

Диспетчеризация

Центральная лаборатория промышленной диспетчеризации (ЦЛПД) демонстрирует в зале общего машиностроения модели диспетчерских пультов, установленных ею на заводе ГПЗ в Москве и «Двигатель» в Ленинграде.

Система сигнализации соединяет станки отдела машиностроения выставки с пультом цехового диспетчера.

Сигнал, поданный от станка, загорается в виде цветной лампочки на диспетчерском пульте. Цвет и место загоревшейся лампочки указывают характер поданного сигнала: зеленая лампа — требование материала, желтая — накладчика, красная — ремонт и т. д.

Диспетчер, не отходя от своего пульта, нажатием кнопки вызывает нужную бригаду, причем сигнал этот передается одновременно по всему цеху. Где бы мастер в это время ни находился,— по цвету зажженного семафора он видит, что его требуют к цеховому диспетчеру. Не покидая места, мастер включает карманную телефонную трубку в ближайший телефонный штепсель и, соединившись с диспетчером, получает распоряжение.

Пульт цехового диспетчера оборудован специальным прибором, автоматически регистрирующим прекращение и возобновление работы станка и таким образом учитывающим время простоя.

На диспетчерском столе установлен прибор, соединенный с конвейером готовой продукции. Готовые изделия, двигаясь по конвейеру, проходят мимо источника света, лучи которого падают на фотоэлемент, установленный по другую сторону конвейера. Попадая в полосу света, двигающийся предмет отбрасывает тень на фотоэлемент и вызывает замыкание реле. Реле соединено с автоматическим счетчиком, ведущим учет готовой продукции.

Пульт цехового диспетчера соединен также с пультом главного диспетчера, оборудованным всевозможными приборами для телеуправления, телеучета и т. д. Здесь и телеграф Бодо и микрофон, дающий возможность главному диспетчеру вести одновременно групповые разговоры со всеми цехами, и громкоговоритель, передающий ответы цеховых диспетчеров, и т. д.

Химия

Отдел химии на выставке — прекрасное наглядное пособие по истории химической промышленности, созданной на голом месте в необычайно короткий срок. В течение одной пятилетки выросли все основные отрасли химической промышленности: сернокислотная, искусственных удобрений, синтетического каучука, анилиновых красок, пластических масс и др.

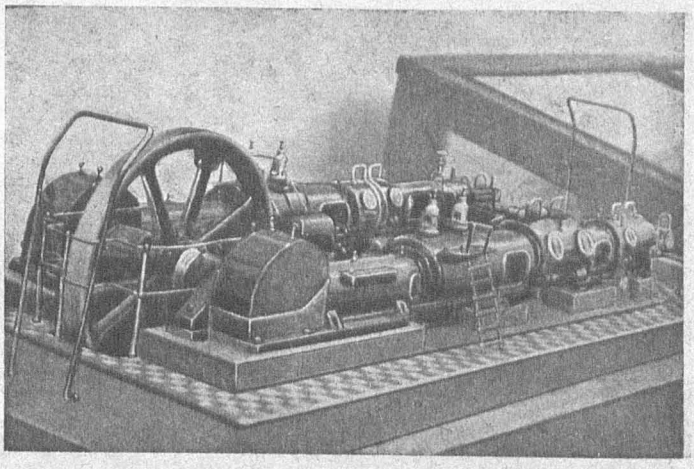


Рис. 8. Сверхмощный компрессор для производства синтетического аммиака

Азотные удобрения из воздуха

Синтез аммиака

Производство искусственных удобрений—глава истории нашего народного хозяйства, впервые написанная после Октябрьской революции.

Производство дешевых азотных удобрений, связанное с получением свободного азота из воздуха, есть величайшее достижение человеческой мысли самого последнего времени. Хотя способ получения азота из воздуха в лабораторных условиях был известен уже давно, в производственных масштабах задача эта была решена немецким химиком Гамбером лишь в 1913 г. Детали синтетического получения аммиака из воздуха по способу Габер-Боша хранились в Германии в глубочайшей тайне до самого окончания войны и подписания Версальского договора, одним из условий которого явилось раскрытие дверей Баденской анилиново-содовой компании перед специальной комиссией Антанты.

Демонстрируемая на выставке действующая модель Бобриковского агрегата дает наглядное представление о сложном и чрезвычайно интересном процессе синтеза аммиака. Составные части аммиака NH_3 — азот и водород — получаются из двух генераторов. В одном генераторе через раскаленный кокс продувается водяной пар, в результате чего получается газ, состоящий из водорода и окиси углерода. Во втором генераторе через раскаленный кокс продувают определенное количество воздуха, в результате чего получается газ, состоящий из азота и окиси углерода.

Оба газа попадают в газгольдер, где образуется смесь, состоящая из 23% азота, 30% водорода, 42% окиси углерода и 3% углекислоты.

Из газгольдера газ поступает в сатурационную башню, откуда после насыщения парами воды поступает в конвертер. В конвертере, под влиянием катализатора, окись углерода вступает в реакцию с паром и образует углекислоту и воду. С конвертера газ уходит в малый газгольдер, причем соотношение азота и водорода в этот момент соответствует уже необходимой нам пропорции (1 : 3). Теперь задача сводится к тому, чтобы освободиться от ненужной нам углекислоты и окиси углерода.

Из малого газгольдера газ поступает в 6-ступенчатый компрессор, где подвергается постепенному сжатию до 300 *ат*. После очистки в водяном скрубере, где углекислота растворяется в воде, и в медно-аммиачном, где остается последняя примесь — окись углерода, очищенный газ, состоящий из 25% азота и 75% водорода, поступает в колонну синтеза.

В колонне синтеза три части водорода под влиянием катализатора вступают в соединение с одной частицей азота, в результате чего получается искомый продукт — аммиак.

Колонна синтеза представлена в том виде, в каком она была запроектирована строившими ее американцами. Тут же можно видеть корректив, внесенный советскими специалистами — проф. Гельпериным, устранившим погрешности американцев и наладившим бесперебойную работу агрегата.

Полученный аммиак в жидком виде идет на промышленные нужды, либо подвергается дальнейшему окислению на платиновой сетке, в результате чего образуется азотная кислота, в дальнейшем перерабатываемая в аммиачную селитру.

На выставке вывешена панорама Бобриковского комбината и выставлены модели его главнейших установок. 7 500 станков, аппаратов и приборов, размещенных в 110 промышленных зданиях, на территории в 500 *км²*, собственная силовая станция в 50 тыс. *квт* — только цифровые данные, характеризующие объем произведенных работ. Истинное же значение разрешенной Бобриковским комбинатом задачи — получение азотных удобрений из воздуха — становится понятным, если учесть, что годовая продукция Бобриковского комбината обеспечивает повышение урожая на 75 млн. пудов хлеба.

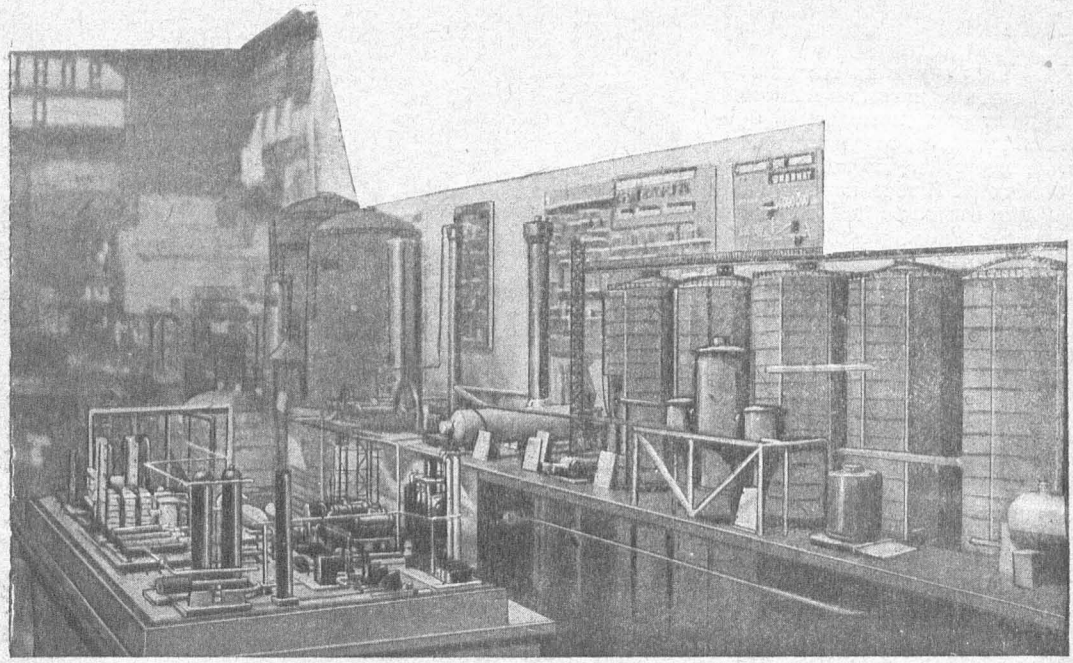


Рис. 9. Модель агрегата синтеза аммиака. Сталиногорск (Бобрики)

Калиевыми удобрениями мы обеспечены на тысячи лет вперед

Второй вид удобрений — калиевые — представлен на выставке фотографиями и диаграммами Соликамских рудников. Мощность разведанных уже месторождений обеспечивает наше народное хозяйство на многие тысячелетия вперед. Стоимость разведанных пока запасов достигает цифры в 150 млрд. руб.

До открытия калиевых месторождений в Соликамске мировая монополия по калию принадлежала Германии. Теперь первое место в мире принадлежит СССР. В то время как общие мировые запасы калия составляли в 1925 г. 2,5—2,8 млрд. *т*, запасы одних Соликамских месторождений к 1933 г. определялись в 12 млрд.

Фосфорным удобрениям обеспечена мощная промышленная база

Производство суперфосфата (фосфорных удобрений) представлено на выставке моделью недавно построенного Хибинского апатитового завода.

Хибинская обогатительная фабрика производит апатитовый концентрат, лучшее в мире сырье для производства суперфосфата. Нефелин — собрат апатита — дает стране алюминий, натрий, силиций и ряд новых строительных материалов.

На выставке представлен макет законченного в прошлом году Хибинского апатитового завода. Стоимость завода — 7,5 млн. руб.— окупилась в первый же год его эксплоатации.

Синтетический каучук

1 февраля 1931 г. т. Сталин на совещании хозяйственников сказал: «У нас есть все кроме разве каучука, но через год-два и каучук мы будем иметь в своем распоряжении».

7 июля 1932 г. на первом в мире Ярославском заводе синтетического каучука получено было 400 *кг* каучука.

Сегодня мы имеем четыре действующих завода, из которых каждый дает не менее 10 тыс. *т* каучука в год. Строятся новые заводы. Советский союз освобождается от иностранной зависимости на крупнейшем и ответственнейшем участке народного хозяйства.

Среди многочисленных экспонатов выставки в отделе химии демонстрируется сложная модель установки для получения синтетического каучука из спирта по методу акад. Лебедева. Схема превращения спирта в каучук демонстрируется тут же на глазах посетителей.

Вот включили ток. Спирт устремился в испаритель. Отсюда пары его идут в ретортную печь. Десятки глаз напряженно следят за процессом. За тонкой стеклянной стенкой пары спирта пройдут через катализатор, и произойдет их разложение. Результат разложения—дивинил и до двадцати побочных продуктов реакции.

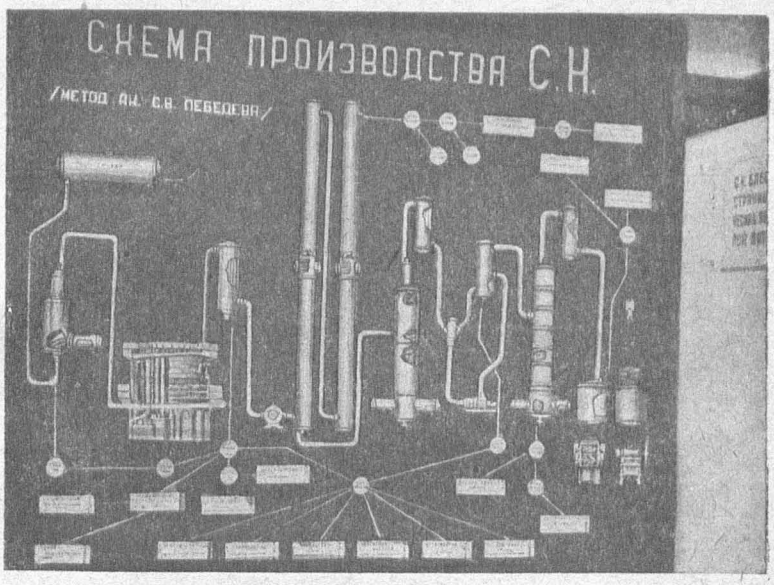


Рис. 10. Схема производства синтетического каучука по методу акад. Лебедева

Из дивинила и получается каучук. Но предварительно необходимо освободить его от многочисленных спутников весьма ценных самих по себе, но ненужных и вредных в производстве каучука.

В стеклянных трубочках продолжается движение. Дивинил со спутниками идет на очистку. При переходе через скруббера спутники постепенно отстают, очищенный хорошо промытый водою газ — дивинил — поступает в ректификационную колонну. Из всех его спутников с ним остался только один — псевдобутилен.

От последнего спутника дивинил освобождается только в автоклаве при содействии катализатора — металлического натрия.

Здесь происходит завершение процесса. Из дивинила получается упругая бесцветная масса — блок каучука. Масса идет на фридера, затем на вальцы. Сырье для резины готово.

Многочисленные диаграммы и цифры характеризуют роль побочных продуктов, получаемых при производстве синтетического каучука. Спутники дивинила имеют огромное значение для всего нашего народного хозяйства. Среди них: серный эфир, спирты (бутиловый, сухой и др.) (метальдегид), ацетаты, углеводороды, параксилол, этилен и др. Массовое использование этих химикатов удешевит стоимость синтетического каучука на 85%.

Ток выключен. Демонстрация процесса получения синтетического каучука закончена, чтобы через несколько минут возобновиться вновь.

Синтетический каучук — блестящая страница из книги великих побед первой пятилетки. Экспонаты на выставке служат яркой иллюстрацией этой страницы. Вот первая советская автошина из синтетического каучука — сверхбаллон типа Кара-Кум для легкового автомобиля. Эта шина сконструирована Научно-исследовательским институтом резиновой промышленности. В знаменитом кара-кумском пробеге она показала свое качество, доказав на деле, что советский синтетический каучук на температуру и трение устойчивее естественного.

Подземная газификация угля

На выставке «Наши достижения» в Политехническом музее демонстрируется модель опытной шахты для газификации угля в Лисичанске. Эта модель наглядно представляет процесс получения генераторного газа из разрыхленного и раскаленного слоя угля.

Устройство газогенератора не сложно. Два штрека — воздушный и газовый — и две системы скважин — наклонных и вертикальных — прорезывают панель. У конца воздушного штрека разжигается костер. Наклонные скважины заряжены динамитом. Они постепенно взрываются и разрыхляют таким образом зажженный пласт угля. Вертикальные скважины служат для замера температуры в газогенераторе и для получения проб газа. Надземная часть сооружения состоит из трубы для естественной тяги, скруббера и сети воздушных и газовых труб.

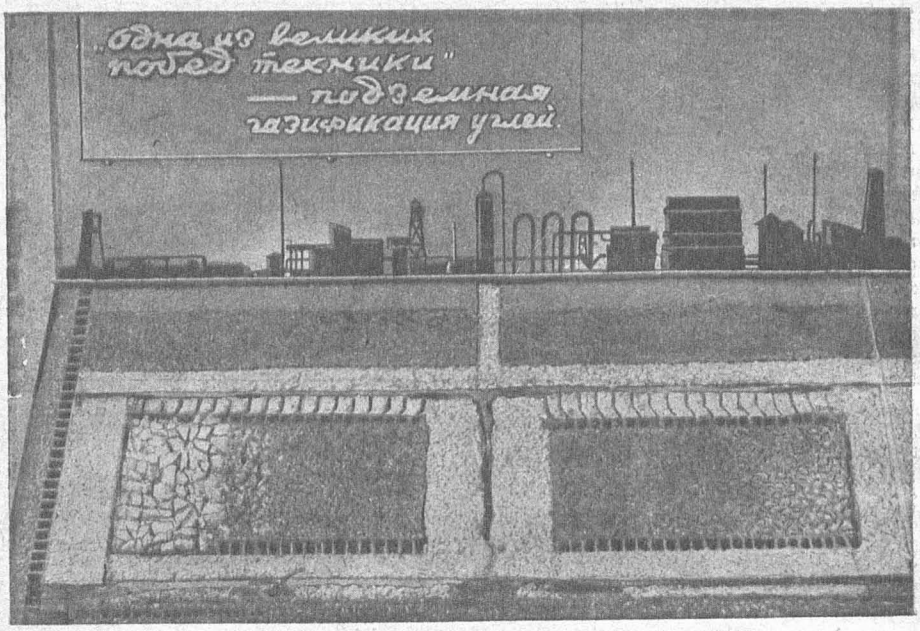


Рис. 11. Схема подземной газификации угля

Опыты подземной газификации угля, как это показано на выставке, ведутся у нас не только в Лисичанске, но и в Шахтинском районе. Здесь впервые в мире удалось добиться работы подземного генератора на антраците и получить генераторный газ теплотворностью в 1,250 *кал.*

Над задачей подземной газификации угля у нас работает ряд хозяйственных организаций и научно-исследовательских коллективов, в том числе особая комиссия Академии наук, Донецкий углехимический институт, Московский горный институт и др. Деятельное участие в этой работе принимают академики Павлов, Гребенщиков и ближайший сотрудник Менделеева акад. Байков.

Гидролиз древесины

Разноцветными огоньками сверкает огромная электрифицированная карта — «Рост лесохимической промышленности СССР». Здесь отдел лесохимии.

На полках скромные будничные экспонаты — продукты сухой перегонки дерева и канифольно-скипидарного производства (уксусная кислота, метиловый спирт, живица, канифоль и др.).

Небольшой уголок выставки отведен гидролизу древесины — новому производству, имеющему огромное народнохозяйственное значение.

Большой стеклянный баллон наполнен обыкновенными древесными опилками. Рядом такой же баллон с чистым спиртом — ректификатом. Этот спирт — продукция первого в мире завода гидролиза древесины в Череповце. Опилки — сырье, перерабатываемое этим заводом.

Получение спирта из древесины в лабораторных условиях не представляет ничего нового. Но наша химическая промышленность впервые в мире освоила это производство в заводских масштабах.

Процесс производства, представленный на выставке в виде схемы, в общем не сложен.

В автоклавы загружаются опилки и слабая серная кислота. Гидролиз проходит при повышенном давлении и при температуре 150—175°.

В результате получается кислый сахарный раствор — гидролизат и побочный продукт — лигнин. После нейтрализации известью и мелом гидролизат фильтруется и перекачивается в бродильные чаны, где сбраживается при помощи дрожжей. Бражка в дальнейшем поступает в брагоперегонный пункт, где перегоняется в спирт-сырец. Последняя стадия процесса — очистка, в результате которой получается спирт-ректификат.

Производство спирта из древесины сэкономит народному хозяйству колоссальное количество картофеля и зерна. Диаграммы на выставке показывают, что в среднем из 1 *т* воздушно-сухих опилок выходит 200—220 *л* 100°-ного спирта, тогда как из 1 *т* картофеля 80—90 *л*, а из 1 *т* зерна — 260—280 *л*.

Огромное значение имеет гидролиз древесины и для производства синтетического каучука. Чтобы удовлетворить потребность в спирте для этой отрасли промышленности, потребовалось бы в ближайшие 2—3 года около 4,5 млн. *т* картофеля, или 1,5 млн. *т* зерна.

Строительство заводов гидролиза намечено при крупных лесопильных и деревообделочных заводах. Этим будет разрешен также вопрос рационального использования отходов лесопиления (опилок, щепок, стружек и т. д.).

***

Выставка охватывает свыше 20 главнейших отраслей народного хозяйства. Наряду с вновь созданным станко, моторо- и авиостроением мы видим переоборудованный механизированный Донбасс, электрифицированную промышленность Баку, производство тончайших измерительных инструментов с допуском до $^1/_{1000}$ миллиметра, сложнейшие метеорологические, геодезические и электроизмерительные приборы.

Каждый экспонат в отдельности и вся выставка в целом свидетельствуют о величайших победах, одержанных рабочим классом в борьбе за индустриализацию и экономическую независимость нашей страны.

Разработка проблем истории техники на Западе[1] Мюнхенский технический музей

Основные формы работы по истории техники

История техники является одной из самых молодых отраслей исторической науки.

В настоящее время наибольшее развитие и наибольшее значение получили те формы работ по истории техники, которые относятся к собиранию и сопоставлению готовых материалов технического развития (технические музеи разного типа).

Не случайно, конечно, что первому и крупнейшему из таких музеев положила начало Великая французская революция. Это так называемая Conservatoire des Arts et Mètiers в Париже. 19 вандемьера III года (13 октября 1794 г.) был издан конвентом декрет, определивший организацию и задачи этого музея, основанием для которого послужила частная коллекция машин и орудий Вокансона, пожертвованная государству. Согласно этому декрету Промышленно-техническая консерватория должна была стать не только собранием машин, моделей, инструментов, чертежей, описаний и книг по всем областям техники, но и, так сказать, натуральным архивом, в котором должны храниться оригиналы вновь изобретаемых или усовершенствуемых машин. Кроме того, консерватория должна была не только хранить эти сокровища, но и заботиться о популяризации устройства и употребления машин и инструментов. Так, например, п. 3 декрета, изданного конвентом, поручает правительственной комиссии, стоящей во главе консерватории, «когда она найдет это полезным для республики, распространять повсюду все средства для усовершенствования промышленной техники, посылая описания, чертежи и самые модели» [2].

«Промышленно-техническая консерватория» в Париже имеет таким образом длинную историю. На этой истории отразились полтора столетия самой Франции — сменявшиеся требования, сменявшийся уровень внимания и понимания задач этого музея. В основе ее не было ни стройного плана, ни предусмотренной единой методологии. Это огромное учреждение (бесспорно, первостепенное по ценности) — лишь первичный сырой материал для истории, почти не подвергшийся обработке.

«Консерватория» уделяет место всем отраслям техники и ее основных наук. Двигатели (ветряные, водяные, паровые, пневматические, электрические), гидравлические машины и элеваторы, начертательная геометрия, металлургия, счетные машины, геодезия, астрономия, измерение времени, строительное дело, кинематика, динамометрия, инструменты для сверления, пилки, точки, рубки и т. д., граверное, литографское, типографское дело, отопление, освещение, домашнее хозяйство, керамика, красильное дело, стекло и хрусталь, все отделы физики, метеорология, электрохимия, телеграф, сельское хозяйство, меры веса, транспорт, химия, художественная промышленность.

Значительно позже, лишь в середине XIX в. было создано подобное же учреждение в Англии — знаменитый музей техники в южном Кенсингтоне (Лондон).

Наиболее новым учреждением мирового значения является так называемый Германский музей (Deutsches Museum) в Мюнхене. В отличие от Парижского и Лондонского, он был построен по определенному плану, а не являлся следствием естественного пластования технических эпох. Германский музей создавался на совсем ином уровне развития техники и науки, при участии творческих сил совершенно иного порядка, чем прежние, но с учетом того векового опыта, который в них накопился. Поэтому он является наиболее ярким и законченным выражением того, что в состоянии сделать капитализм в этой области.

Создание Германского музея явилось поворотным моментом в истории подобных учреждений во всем мире. Организации музеев техники уже положено начало в Вене, в Праге, в Стокгольме, в Вашингтоне и Чикаго, в Японии.

---

[1] По материалам БИНОТ.

[2] P. Hugnet, Notice histor. sur l'ancien procurè Saint-Martin des Champs et sur le Conservatoire Imperial des Arts et Mètiers. A. Marin, Catalogue des Collections de Conservatoire Imperial des Arts et Mètiers, Paris 1864.

Решением ЦК ВКП(б) от 5 августа 1931 г. предопределено создание Дворца техники в Москве, для чего уже производится огромная подготовительная работа.

Мюнхенский музей сосредоточивает в себе все отделы математического инструментария, физики, химии и все основные отрасли техники, располагая экспонаты в систематической последовательности. Каждый экспонат выставлен так, что посетитель сам может узнать о нем все необходимое без специальных устных объяснений и в большинстве случаев может также самостоятельно привести механизм в действие или произвести опыт. Однако некоторые отрасли гораздо полнее представлены в Германии в специальных музеях. Таковы — Нюрнбергский музей транспортного дела с моделью железной дороги в 150 *м* длиною, с моделями летательных аппаратов и т. д. и особенно Берлинский музей путей сообщения и строительного дела, с моделями крупных железнодорожных сооружений, тоннелей, мостов, с детальными экспонатами по развитию верхнего строения железных путей, с моделями каналов, шлюзов, плотин, маяков, вокзалов, сигнализационных устройств, с экспонатами по вагоно- и паровозостроению и т. д. [1]. Особый интерес среди этих специальных музеев представляет Германский музей воздухоплавания в Штутгарте, основанный в 1929 г.; его назначение — исчерпывающая демонстрация исторического, технического и научного развития всех областей, связанных с воздухоплаванием. Он имеет в виду не только массового посетителя, но и специалиста. Для этого там имеются кроме оригиналов, моделей и конструктивных деталей всякого рода аэростатов, воздушных кораблей и аэропланов, — также и библиотека, с почти исчерпывающим собранием материалов, архив документов, биографий, портретов, медалей, фильм и т. д. и т. д.[2]

Далее можно было бы упомянуть о большом музее связи в Берлине [3], реорганизованном в 1929 г., о музее техники, организованном Фордом в Дирборне, куда перенесены исторические помещения, в которых работал молодой Эдиссон, и часть электрической станции, на которой работал молодым инженером сам Форд [4] и т. д.

Технические музеи нельзя рассматривать, как простые собрания материалов по истории техники. Характер расположения и подачи материалов, а также огромное число посетителей музеев — гораздо большее, чем число читателей у любой научной или технической книги, и непосредственная впечатляющая сила экспонатов — придают этим музеям существенно иное значение. Музеи техники типа Германского музея являются не чем иным, как формой изложения истории техники, притом формой, неизмеримо более выразительной и действенной, чем любое словесное изложение.

Иное значение имеет другая форма работы в области истории техники, это — мероприятия по охране памятников технической культуры.

В 1928 г. в Германии было организовано «Германское сообщество для охраны памятников технической культуры», в состав которого вошли Германский музей в Мюнхене, Германский союз отечествоведения и Союз германских инженеров. Цель этого сообщества — обеспечение для техники прошлых веков такой же охраны, какая в настоящее время считается делом, само собой разумеющимся для произведений искусства. Под памятниками технической культуры понимаются при этом «такие старые и ценные сооружения, которые полностью сохранились на месте и являются особенно показательными для промышленной деятельности соответственного района» [5]. Имеются в виду старые водяные и ветряные мельницы, конные приводы, мосты, краны, кузницы, обжигательные печи, винодельные процессы, солеварни с их градирнями, ткацкие заведения и т. п.

Для осуществления этой охраны союзы, входящие в общество, прежде всего приводят в известность наличие подобных памятников, затем данные о них подвергаются разработке в технико-историческом отделе Союза германских инженеров и кратко освещаются в ежегоднике этого Союза, т. е. в выходящих под редакцией К. Матчоса «Материалах по истории техники и промышленности» [6]. После этой разработки материалы о памятниках передаются Германскому музею в Мюнхене, который организует у себя архив памятников технической культуры. Архив собирает всякого рода материалы, будь то описания, изображения, чертежи, документы и т. п., и ведет им инвентарь. На основании всей этой работы сообщество принимает решения о том, какие из этих памятников должны быть взяты под охрану Германского музея. Охрана памятников приняла своеобразную для капиталистических условий форму. Для всякого такого памятника сообщество находит «крестного отца» (!!!), каковым может быть городское управление, фирма, организация, или ближайший земледелец. «Крестные отцы» обязываются заботиться о сохранности памятников и в случае каких-либо изменений своевременно извещать Германский музей. При музее ведется реестр памятникам и выпускаются путеводители по ним.

---

[1] Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. C. Matschoss., B. 19, 165, 1929; 20, 187, 1930.

[2] Beiträge zur Geschichte der Technik, B. 19, 166, 1929.

[3] Ibid., B. 19, 166; 20, 188.

[4] Ibid., B. 19, 168.

[5] C. Matschoss, Technische Kulturdenkmäler, München 1922, а также статья его на эту тему в Beiträge zur Geschichte der Technik, 18, 145, 1928.

[6] Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie. К настоящему времени вышел 21 том этого ежегодника, объемом до 40 печ. листов в каждом томе.

За последние годы в «материалах» было описано несколько десятков таких памятников, даны их фотографии, иногда чертежи. Такова, например, Госларская водяная мельница XV в., с постройкой, сохранившейся с 1544 г., деревянный мост, построенный в 1560 г., молоты, приводившиеся в движение водою, один из них — построенный в 1670 г. и работавший до послевоенных лет, старейшая из еще действующих в Германии паровых машин при солеварне в Кенигсборне, установленная в 1799 г., ветряная мельница, построенная в 1694 г. и работавшая до 1909 г., доменная печь XVIII века и т. п.

Кроме этих двух специфических для истории техники форм работы — музеи и охрана памятников технической культуры, — работа осуществляется, разумеется, и всеми обычными путями: посредством опубликования материалов в печати, организации общества, съездов, академических кафедр и институтов.

Периодических изданий, посвященных истории техники, очень немного. К ним относится прежде всего упомянутый уже ежегодник, издаваемый Союзом германских инженеров под редакцией известного историка техники инженера Конрада Матчоса [1].

Другим изданием подобного рода являются публикации Кенсингтонского музея [2].

Кроме того, различные материалы, относящиеся к истории техники, публикуются в журналах по истории наук. Таких журналов три: «Архейон» [3], «Изис» [4] и «Архив истории математики, естественных наук и техники» [5].

Самым старым и своеобразным из этих изданий является «Изис», носящий очень определенную печать своего создателя и постоянного редактора, получившего мировую известность, Джорджа Сартона. Центром работы Сартона является секция истории наук при Институте Карнеджи, где прежде и издавался журнал, в настоящее время издаваемый в Брюгге.

«Архейон» — это официальный орган Международного комитета по истории наук и секции истории наук «Интернационального центра синтеза». Журнал существует уже 15 лет и выходит в Риме три раза в год под редакцией постоянного секретаря комитета Альдо Миели. (Сартон является вицепредседателем этого комитета.) Внимание, уделяемое этим журналом технике, не столь велико. Так, в 1932 г. можно назвать лишь статью проф. М. Глиоцци об изобретении камеры-обскуры [6]. Однако в том же году можно указать ряд статей о Торичелли, Лавуазье и Коппе, которые не лишены интереса и для истории техники.

Гораздо больше внимания технике уделяет «Архив истории математики, естественных наук и техники». После нескольких лет перерыва этот журнал возобновился в 1927 г. под редакцией Ю. Шустера в Берлине. Из статей, непосредственно относящихся к технике, там были помещены в 1927 г. статьи о технике трансокеанских перелетов [7], о первых микрометрических винтах, об ожижении газов, о первых опытах плавки с кислородным дутьем, о технико-химических рецептах Ассирии, а также ряд статей принципиального характера.

Следует также упомянуть о специальном издании по истории электротехники, предпринятом германским электротехническим союзом [8], где был помещен ряд работ по истории трансформаторов, выключателей высокого напряжения, электрических счетчиков и т. д. и об отдельных серийных выпусках популярных монографий [9] по истории техники, издаваемых Германским музеем начиная с 1929 г.

Научные общества. Все указанные журналы так или иначе связаны с различными научными обществами. Старейшим из этих обществ надо считать Германское общество истории естественных наук, медицины и техники, учрежденное в 1901 г., с возникшими позднее аналогичными обществами Берлинским, Нижнерейнским и Мюнхенским [10].

Непосредственно в области истории техники работа сосредоточивается в Германии в Союзе германских инженеров, при котором выделена специальная секция под руководством Матчоса [11]. В Англии подобное общество имеет своей базой Кенсингтонский музей. Это — Ньюкоменсовское общество для изучения истории инженерного дела и техники в Лондоне.

В США с 1924 г. существует общество истории наук в Вашингтоне. Существуют также историко-научные общества в Италии и в Голландии.

В 1926 г. была сделана попытка международного объединения историко-научных обществ. В Женеве был организован Международный комитет исторических наук, который

---

[1] Beiträge zur Geschichte der Technik und Industrie.

[2] Newcomen Society-Transactions.

[3] Archeion.

[4] Isis.

[5] Archiv für Geschichte der Mathematik, der Naturwissenchaften und der Technik.

[6] Prof. Maria Gliozzi, Inventione della camera obscura, Archeion XIV, 221—229, 1932.

[7] Archiv für Geschichte der Mathematik, der Naturwissenschaften und Technik, 10, Leipzig 1927.

[8] Geschichtliche Einzeldarstellungen aus der Elektrotechnik, B 131—2, Berlin 1928—1929.

[9] Рецензия на шесть выпусков серии 1933 г. будет помещена в очередном сборнике.

[10] Paul Dietgen, Gesellschaften für Wissenschaftsgeschichte, Beitr. 21, 148, 1931/32.

[11] Очень характерна политическая эволюция германского союза инженеров, в частности одного из наиболее выдающихся деятелей в области истории техники К. Матчоса. Этому вопросу будет посвящена специальная статья в одном из ближайших выпусков сборников «История техники».

созывает международные конгрессы историков. На одном из этих конгрессов, на конгрессе 1927 г. в Осло, был основан Международный комитет по истории науки, имеющий своей целью содействие международному изучению естественных наук всех отраслей, медицины и техники. Этот комитет непосредственно связан с соответственными обществами отдельных государств. Это нечто вроде Академии (так иногда это международное общество именует себя), в состав которой входит около 30 постоянных членов и около 100 корреспондентов. Работа производится комиссионным порядком. Существуют комиссии для опубликования проблем, разработка которых представляется особенно желательной, для ведения библиографии, для устранения укоренившихся и постоянно повторяющихся ошибок, а также для изучения арабских наук и медицины. При комитете же существует бюро по вопросам приоритета. Комитет финансируется рядом государств. Каждые три года должен происходить конгресс, кроме того организуются секции по истории наук при общеисторических конгрессах.

Последний (2) конгресс, созванный этим комитетом по истории науки в Лондоне в 1931 г., привлек к себе особое внимание выступлениями советской делегации под руководством Н. И. Бухарина и при участии М. Рубинштейна, акад. А. Ф. Иоффе, Завадовского и др. (подробные отчеты об этом конгрессе опубликованы в журнале «Архейон» [1], см. также о нем статьи Рубинштейна и Завадовского в советских журналах [2,3]. Третий конгресс намечено созвать в 1934 г. в Берлине. Однако неизвестно, позволит ли политическая обстановка Германии осуществить намеченный конгресс.

Дискуссия, развернувшаяся на последнем конгрессе, имела принципиальное значение, так как очень конкретно вскрыла идеологические корни истории науки и техники в капиталистических странах.

Материалом для характеристики действительной трактовки истории техники на Западе могут служить также технические музеи и из них в первую очередь Германский музей в Мюнхене. Этот музей заслуживает в данном случае преимущественного внимания не только потому, что является наиболее новым и современным, но также и потому, что, как указано выше, самое расположение материалов в нем и их подача отражают уже не случайности исторического напластования, но продуманную и более или менее последовательно проводимую систему.

Дать обзор всего этого музея в целом здесь невозможно, ибо это потребовало бы слишком много места. Его размеры обычно определяются длиною пути, который надо сделать, чтобы только пройти мимо его экспонатов. Это 14 *км*. Придется здесь ограничиться очень краткой характеристикой лишь нескольких особо типичных отделов.

При входе в музей посетитель обычно проходит через почетный зал и отдел истории механических измерительных приборов и сразу попадает в отдел физики, являющийся, так сказать, введением для других отделов. Этот отдел организован при участии известного мюнхенского физика В. Вина [4]. Отдел имеет обычные подотделы: механика, энергия, теплота, оптика, электричество, звук.

В группе механики наглядно изображено постепенное открытие законов равновесия и движения тела. Сделано это при помощи оригинальных аппаратов знаменитых опытов, их копий и при помощи специальных демонстрационных приспособлений. Вся область делится на три группы: исследование равновесий и движения твердых тел, с особым выделением кинематики, механические явления в жидких и газообразных телах и учение о колебаниях (волны).

Принцип рычага изображается на моделях рычагов по Архимеду, Леонардо да-Винчи и Галилею. Здесь же показывается применение рычага на примере катка, пробочников, колеса на валу и т. д. Модель с двумя подвижными наклонными плоскостями и демонстрационные приспособления, относящиеся к действию винта и клина, изображают знаменитый эксперимент Стевина, объяснившего в 1585 г. действие клина.

Здесь же многоугольник, позволяющий доказать закон параллелограма сил, который был впервые доказан тем же Стевиным. Демонстрации делают наглядное сложение сил как параллельных, так и косо направленных, под углом, и учение о центре тяжести.

Таким же образом представлено также и стевинское золотое правило механики, по которому произведения из весов на длины сделанного пути одинаковы, т. е. то, что приобретается в какой-либо машине в отношении силы, теряется в отношении пути (первое применение положения о сохранении энергии).

Далее набор кинематических моделей по Рело и ряд изображений дают представление о геометрических отношениях, скоростях и ускорениях. Здесь же дается сжатое представление об основных технических средствах для получения определенных движений, т. е. сочленения кривошипные, шестереночные, тяговые, нажимные и т. д. Серия из 13 моделей специально изображает разные виды шестерен: циклоидные, эвольвентные,

[1] Archeion, Vol. XIV, № 2, 4, 1932.

[2] З а в а д о в с к и й, Второй международный съезд по истории науки и техники в Лондоне 1931 г., «Фронт науки и техники», № 9, стр. 85, 1931.

[3] Р у б и н ш т е й н, Второй международный конгресс по истории науки и техники, «Социал. реконстр. и наука», № 1, стр. 196, 1931.

[4] W. W i e n, См. его статью в сборнике под ред. Матчоса «Das Deutsche Mureum».

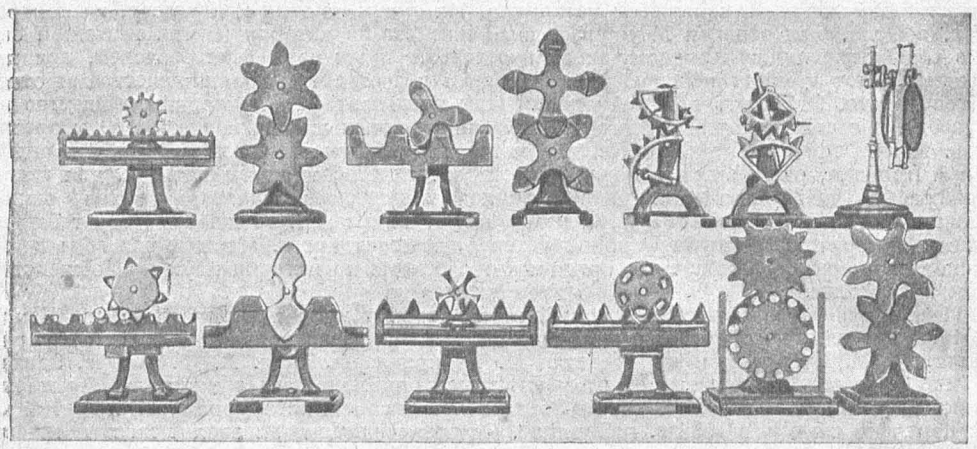


Рис. 1. Собрание моделей для демонстрации зубчатых зацеплений и их кинематики

штифтовые, червячные. Здесь же специальные модели и препараты демонстрируют сочленения костей у разных животных и выявляют их кинематику.

Маятник и желоб, при помощи которых Галилей в 1638 г. экспериментально изучал падение тел, снабжены таблицами, разъясняющими найденные Галилеем законы падения. Здесь же аппараты для демонстрации параболы, описываемой брошенным телом по Гравесанду, машина Этвуда и современная машина для демонстрации падения тел, в учебных целях. Для демонстрации опытов со свободным падением тел приспособлена особая башня в музее в 64 *м* высотою. Законы математического и физического маятника делаются наглядными при помощи демонстрации по Галилею и Гюйгенсу. В той же 64-метровой башне демонстрируется установка с маятником Фуко для доказательства вращения Земли.

Копия центробежной машины Гравесанда позволяет разъяснить действие центробежной силы той самой машины, которой он пользовался в 1742 г. для демонстрации действия центробежной силы, позволявшей распиливать доску при помощи бумаги. Здесь же приспособления, показывающие: сжимание земного шара у полюсов, центробежный регулятор и сепарирующее действие центробежной силы на вращающиеся жидкости разного удельного веса.

Для пояснения ньютоновских законов тяготения (1687 г.) имеется модель, показывающая движение Луны вокруг Земли. Первые опыты для экспериментального доказательства ньютоновского взаимопритяжения масс, поставленные Маскелином в 1774 г. с отклонением грузила и Кэвендишем в 1798 г. с горизонтальным маятником, изображены на рисунках, а опыты Жолли (1879 г.) — при помощи примененного для этой цели большого свинцового шара. Замечательные явления, происходящие при движении жироскопа, демонстрируются при помощи нескольких приспособлений, изготовленных из велосипедных колес. Ряд важных применений жироскопа демонстрируется здесь же: судовые жироскопы, жироскопические компасы — в моделях. (Оригинальный жироскопический компас находится в отделе судостроения.)

Копия опытных установок Гюйгенса и балистический маятник дают представление о развитии законов столкновения упругих и неупругих тел.

Далее выставлена серия барометров, именно: водяной барометр Отто Герике (1660 г.), двойной барометр Гюйгенса (1672 г.) и укороченный барометр по Амонтону (1688 г.), колесообразный барометр Гука (1665 г.) и др. Они показывают развитие барометра современи Торичелли.

Особенно выразительно представлены опыты Отто Герике: его оригинальные воздушные насосы воспроизведены по находящимся в Берлине оригиналам, магдебургские полушария и на стене висит большая картина Рэйбера, изображающая демонстрацию магдебургских экспериментов перед рейхстагом в Регенсбурге в 1654 г.

Развитие поршневых насосов представлено оригиналом помпы Сантера 1708 г., большой двухцилиндровой помпой Говкеби и современными воздушными насосами, в том числе ротационным масляным насосом Сименса. Далее ртутные насосы: гейслеровский, без крана (1865 г.), бунзеновский, автоматический ртутный насос Кальбаума и современные насосы, вплоть до насоса В. Геде, работающего ртутными парами и позволяющего получить разрежение до 10—6 *мм* ртутного столба.

Для демонстрации вакуума работает ротационный масляный насос Сименса, соединенный с большим колоколом, к которому можно присоединять еще и меньшие колоколы. Степень разрежения показывается манометром. Здесь можно непосредственно убедиться, что магдебургские полушария могут отниматься друг от друга лишь при приложении усилия, когда они эвакуированы, что деревянный шарик и перо падают в безвоздушном простран-

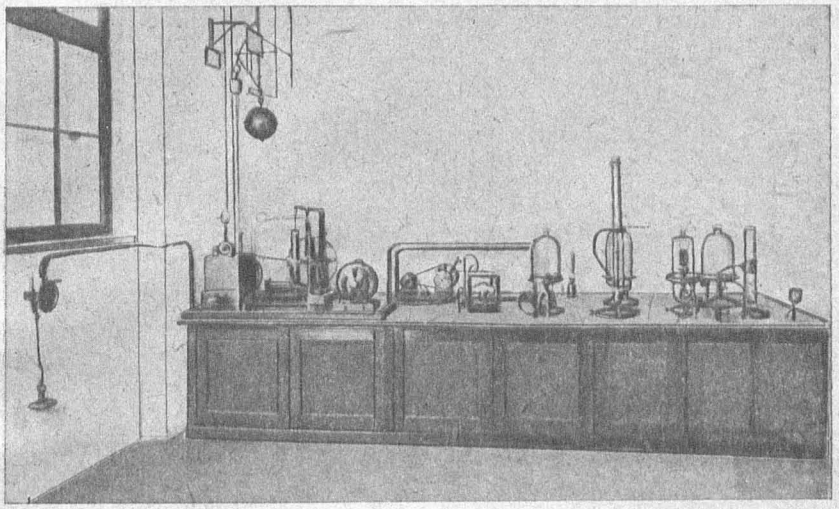


Рис. 2. Демонстрационный стол для опытов в вакууме. Опыты могут производиться посетителями музея

стве с одинаковой скоростью, что звук в вакууме не распространяется и т. д. Там же можно наблюдать изменения в температуре кипения воды. Посетитель может сам привести в действие также и поршневой насос Геде и проследить постепенное возрастание вакуума на чувствительном вакуумметре и на электрической разрядной трубке.

Основные законы аэростатики представлены воспроизведением и чертежами пневматических автоматов Герона Александрийского, демонстрацией законов Бойля и опытами относительно расширения воздуха и оказываемого им сопротивления.

При помощи воздухопроводов сжатым до 5 *ат* воздухом демонстрируются опыты по аэродромике — измерение давления ветра при помощи маятникового анемометра, действие инжектора, поддерживаемый воздушной струей шар и т. д.

Для пояснения закона гидростатического давления устроены приспособления, позволяющие повторять опыт Архимеда с плавающими телами. Здесь же выставлен гидравлический пресс и пояснена его работа. Архимедовский принцип изображен посредством воспроизведения архимедовского опыта с короной Гифона Сиракузского.

Развитие гидродинамики и ее приложения представлены торичеллиевой теоремой относительно сжимания вытекающей струи, относительно уменьшения давления под влиянием трения текущей жидкости о стенки труб, на всасывающем действии протекающей воды в инжекторах и т. д. Группа эта заканчивается сегнеровым водяным колесом, демонстрирующим действие реакции.

Следующее отделение относится к энергии. Задачей этого отделения является демонстрация последовательного развития знаний, связанных с законом сохранения энергии.

Начинается это отделение с демонстрации различных методов измерения механической энергии: тормоз Прони, электрическое и гидравлическое торможение и т. д. Далее большая модель наглядно изображает знаменитый опыт Румфорда в 1798 г. с получением теплоты из работы. В центре зала стоит оригинальный аппарат Роберта Майера, при помощи которого он пытался определить работу двигателей промышленного назначения путем использования механического эквивалента теплоты. Другие определения механического эквивалента теплоты представлены только рисунками (Джоуль, 1842—1849 гг., Гирн, 1857 г.) и воспроизведением оригинального калориметра Джоуля, хранящегося в Кенсингтонском музее в Лондоне. Другие опыты по превращению теплоты в механическую работу, в свет, в электрическую энергию и т. д. разъяснены на специальном демонстрационном столе. Здесь же обращается внимание, — при помощи схематических чертежей, — на потери энергии,

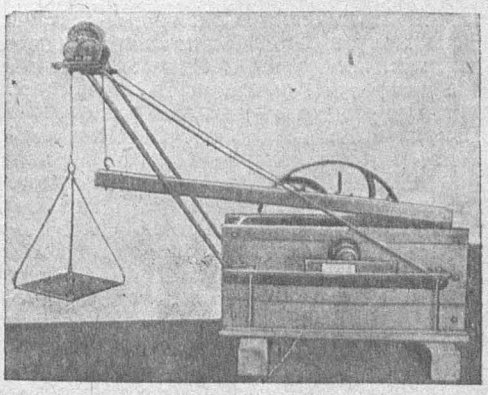


Рис. 3. Оригинальный аппарат Роберта Майера для определения механического эквивалента теплоты

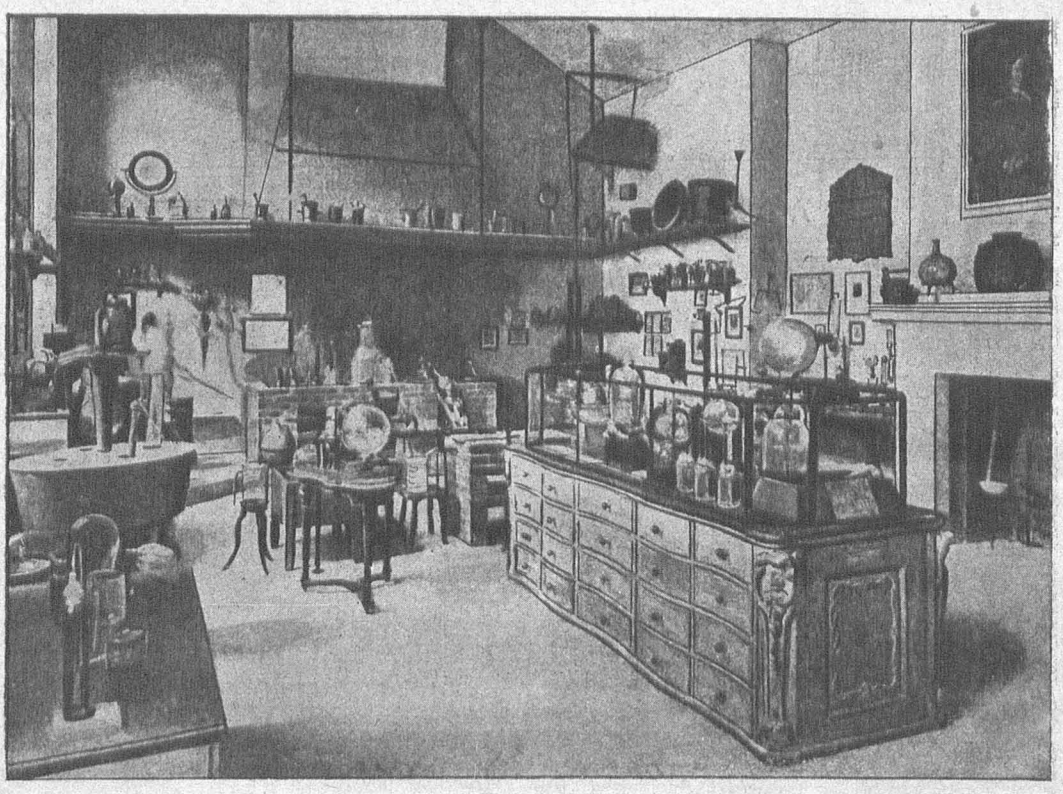


Рис. 4. Лаборатория XVIII в. с оригинальными и реконструированными аппаратами Бойля, Маргграфа, Пристлея и их современников

происходящие при ее превращениях в виде излучения, и т. п. На стенах помещены большие схематические таблицы и диаграммы, изображающие в общедоступной форме историческое развитие энергетического принципа, а также механической теории теплоты, начал термодинамики, кинетической теории газов, учения о лучистой энергии, квантовой теории, а также основные черты современной картины мира.

В отделении, посвященном т е п л о т е, размещены аппараты и показаны методы для определения температур, расширения тел, количества теплоты, а также для испарения жидкостей и сжижения газов. Развитие термометра представлено термоскопами Галилея, спиртовым термометром Академии дель Чименто (академии опытов) (1669 г.), первым воздушным термометром Амонтона (1707 г.), первым ртутным термометром Фаренгейта и оригинальными термометрами XVIII в., а также термометрами Кэвендиша, Румфорда, Шолли и т. д. Там же представлены различные системы современных оптических пирометров. Далее приборы Лавуазье и Лапласа для демонстрации расширения твердых, жидких и газообразных тел, калориметры Лавуазье-Лапласа, Бугуена, Неймана. Здесь же выставлены горючие материалы, дрова, уголь, спирт и т. п. в тех количествах, которые нужны для получения одного и того же количества теплоты. По вопросу об испарении выставлены установки Папина и Бойля для изучения зависимости между температурой кипения и давлением и изображены измерения давления пара Реньо.

Сжижение газов демонстрируется приборами по Ганьеру-Латуру и Фарадею (1822/23 г.), газовым прессом Эндрью, аппаратом Кайстера (1877 г.), при помощи которого впервые удалось привести в жидкое состояние такие газы, как кислород и азот. Далее демонстрируется установка Линде (1895 г.) для производства жидкого воздуха в больших количествах. Здесь же для демонстрации опытов с жидким воздухом выставлены специальные сосуды, в которые можно погружать те или иные предметы, так что можно видеть замерзание ртути, потерю эластичности каучуком, отвердение углекислоты и уменьшение сопротивления электрического провода. Здесь же представлены большие модели в несколько метров величиной — большой пивоварни, бойни с холодильниками и т. п.

Примерно также представлены оптика, акустика и электричество. Принципы расположения не сформулированы и не обоснованы ни в самом музее, ни в его описаниях. Но если попытаться нащупать те нити, на которые здесь нанизывается материал, можно найти перекрещивание систематизирующего логического разделения с соблюдением исторической последовательности, причем историческая последовательность берется не в комплексе

социальных, теоретических и технических условий эпохи, а в абстрактной хронологии отдельного изолированного прибора, машины или принципа.

Возьмем для сравнения другой отдел, например силовые машины. Описание его в посвященном открытию музея сборнике сделано К. Матчосом[1]. В Музее имеется большая коллекция ветряных мельниц разного типа, в том числе и историческая мельница в парке Фридриха Великого в Сансуси, — ветряные колеса и т. д. Дальше идут водяные мельницы, турбины, в том числе известное водяное колесо Цуппингера (1859 г.) — первое, которое было построено с применением теоретического расчета. Там же находится знаменитая водяная машина Рейхенбаха, поршневая машина, приводимая в действие давлением водяного напора, которая с 1817 по 1904 г. регулярно подавала рассол из соляных рудников в Берхтесгадене в солеварню в Рейхенголле.

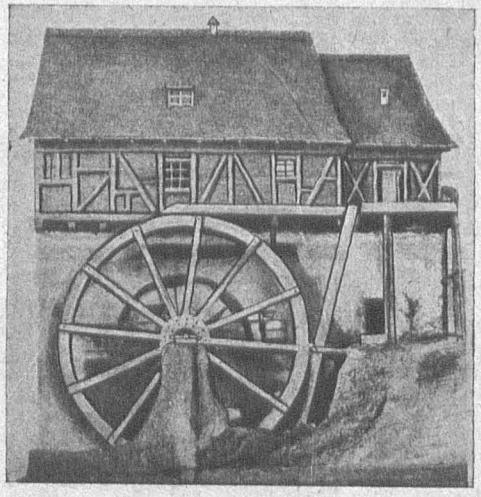


Рис. 5. Действующая модель мельницы с верхнебойным водяным колесом (1700 г.)

Водяные турбины представлены первой турбиной Фурнейрона (1834 г.), построенной для использования давления воды с высоты 100 *м*, в Шварцвальде — турбиной Геншеля (1841 г.), одной из первых спиральных турбин 1866 г., одним из первых нельтоновских колес в оригинале и т. д.

Другая группа представляет гидроэнергетические установки, начиная от старых ручьевых и речных мельниц и до современных установок высокого и низкого давлений. Выставлены: большая модель станции с ее запрудой, с подводящим каналом, штольнями и т. д., модель турбинной установки в Онтарио с машиной в 12 тыс. *л. с.*, дано изображение гордости Германии — гидростанции Вальхепрее, там же вывешены статистические таблицы гидроресурсов разных стран и степени их использования.

Далее идет история паровой машины. Начинается этот отдел с копии картин, изображающей опыты Герике (1654 г.) с магдебургскими полушариями, помещенной — как уже было упомянуто — в отделе физики. Дальше изображения паровой машины Папина и старейшей из огневых машин Ньюкомена. Большая паровая машина Уатта, которая в течение больше чем столетия применялась для откачки воды в Эйслебенских рудниках, занимает два этажа. Это — первая паровая машина, какая была установлена в Германии, из числа сохранившихся. В музее она работает и производит впечатление своим медленным тяжелым ритмом. Далее точная копия уаттовой машины промышленного назначения с вращательным движением (1788 г.) и уаттовский же котел с обмуровкой, обращающей на себя внимание своей огромной толщиной.

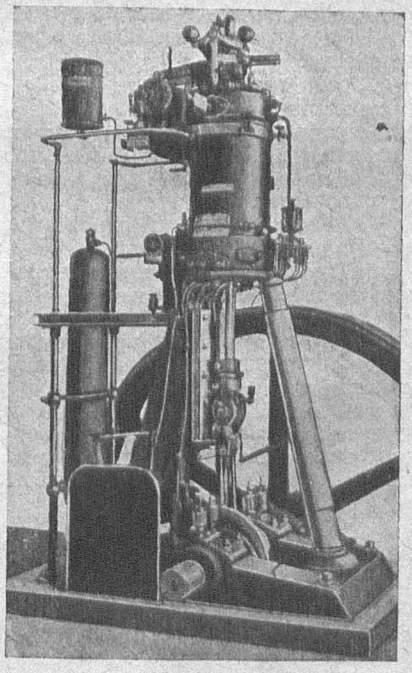


Рис. 6. Первая дизельмашина 1897 г.

Далее картина постепенного усовершенствования конструкций паровых машин, видоизменения балансира, освобождение от балансира, первые промышленные паровые машины, которыми пользовался Крупп, паровая машина высокого давления с шатающимся цилиндром (1840 г.), машина, построенная мекленбургским глазным врачом Альбаном, первые машины с вентилями братьев Зульцер (1867 г.), машины с перегретым паром (1884 и 1892 гг.), а с другой стороны, первый локомобиль Вольфа (1863 г.).

Далее идут паровые турбины, начиная с турбин Лаваля и Парсонса.

В следующем отделении представлена эволюция парообразовательных установок. Кроме упомянутого уже котла Уатта здесь имеется целая серия котлов: Альбана (1859 г.) котлы с большим водяным резервуаром, с топочными трубами, с водяными трубами и т. д.

[1] Das Deutsche Museum, 1925, S. 125 и след.

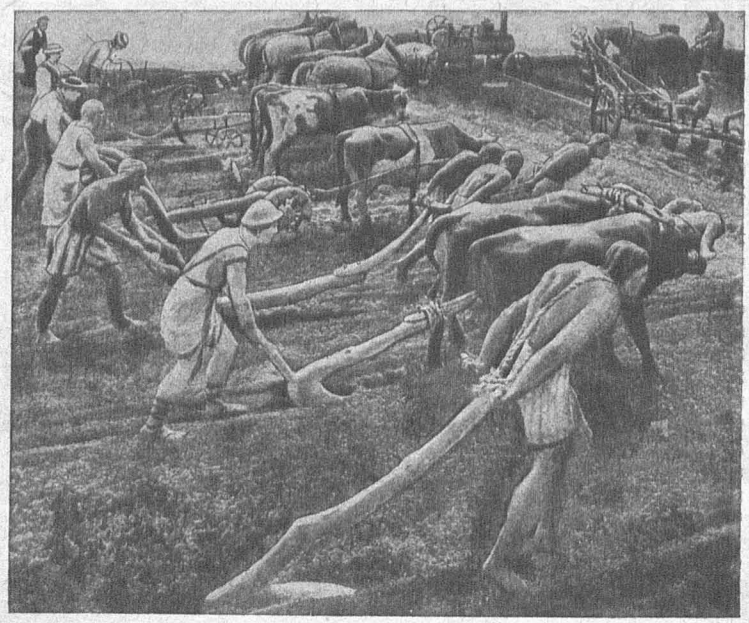


Рис. 7. Эволюция плуга (Диорама)

Таким же образом представлено развитие двигателей внутреннего сгорания, выставлены первые машины Отто (1867 г.), машины Дейца, первый быстроходный автомобильный мотор Даймлера (1883 г.), оригинал первого двигателя Дизеля (1897 г.) и т. д.

Ту же самую в основе своей схему расположения мы видели во всех прочих отделах этого замечательного музея. Всюду достигнута более или менее четко выдержанная логическая классификация предметов. Внутри каждой рубрики — серия этих предметов представлена в хронологической последовательности их появления.

Надо отметить здесь, что в натуре все это производит огромное впечатление на посетителя.

Среди экспонатов сплошь и рядом выставлены подлинные произведения, оригиналы, те самые, которые своими руками изготовлял или которыми пользовался их создатель. Представленный материал обладает огромной ценностью для ознакомления с техникой, независимо ни от каких дополнительных требований, которые здесь можно было бы ставить, и в этом смысле музей подавляет посетителя неотразимой убедительностью своего существования.

Но если отвлечься от впечатлений эстетического, психологического, общекультурного порядка и поставить вопрос о характере того «синтеза», который как будто осуществлен в этом музее, то ничего, кроме указанной классификационно-хронологической систематики найти в этом «синтезе» не удастся. Даже личность отдельного исследователя или изобретателя представлена не комплексом ее стремлений и успехов, а лишь готовыми продуктами деятельности — каждый в соответственной предметно-классификационной рубрике. Личность выставляется здесь не как нечто живое и сложное, на исканиях, удачах и неудачах которой можно было бы поучиться, но как абстрагированный объект для почитания. Вопросы о закономерностях технического развития и технического творчества не только не освещаются, даже не ставятся. Они как будто не существуют. Все ясно: сначала было так, а потом стало так, и там тоже сначала было так, а потом стало так. Приходи, удивляйся и проникайся почтением.

Историко-технологический фотоанализ

(Новый портрет В. И. Ленина)

Осенью 1920 г. в Кремле, в квартире Ленина, И. Лещенко сфотографировал Владимира Ильича с его семьей. Условия съемки оказались такими, что получилась почти стократная недодержка. На проявленном негативе можно было с трудом уловить только незначительные пятна, имевшие при поверхностном рассмотрении вид каких-то загрязнений. Вид негатива был настолько безнадежен, что получить на нем изображение того, что должна была бы дать пластинка при нормальной экспозиции, было признано почти невозможным. Однако после ряда лет работы член ГАИМК Н. П. Тихонов сумел разрешить, казалось бы, неразрешимую задачу. В основу решения им была положена методика историко-технологического фотоанализа в его приложении к памятникам материальной культуры, которую он в течение ряда лет разрабатывал в Институте исторической технологии. Эта методика была найдена на основе изучения истории развития техники фотографирования и, в частности, специальных свойств фотослоев. В основу работы был положен принцип, установленный впервые Араго еще в 1839 г., фотопластинка видит не только быстрее, но и лучше, чем человеческий глаз. Этот же принцип подтверждали опыты Гро, Варрена де-ла-Ро (1859 г.), Анри (1886 г.).

Итак, задача заключалась в том, чтобы найти способ выявить скрытое изображение, превратить невидимое в визуально воспринимаемое и отделить одни тона от других, усилить изображение. В процессе своей работы Н. П. Тихонов учел опыт предшествующих работ по выявлению скрытых изображений, проведенных Буринским и Поповицким. (Работы Буринского по прочтению невидимых надписей на обрывках древних кожаных изделий, найденных в Кремле.)

В своей работе Н. П. Тихонов применил новый метод озобромирования, подойдя в конечном итоге к каскадному усилению тональностей фотослоев. При методике Н. П. Тихонова заведомо недодержанная фотопластинка проявляется в глициновом проявителе и после промывки с последующей фиксацией ослабляется красной кровяной солью от возможного вуаля. Затем после промывки негатив обрабатывается формалином и снова промывается. После этого идет операция, составляющая основную особенность методики Н. П. Тихонова — наносится новый слой бромосеребряной эмульсии непосредственно на сухой негатив. На следующий день идет озобромирование пластинки с последующим проявлением и т. д. Уже трехкратное усиление по этому принципу дает весьма значительные результаты при условии специальной методики проявления. Применение методики озобромирования, по способу Тихонова, дает возможность направить весь процесс в желательном направлении. Не вдаваясь в детали этой методики, отметим, что благодаря ее применению была раскрыта невидимая дата «Изборника Святослава», установлена тональность вышивки «Голова воина» из монгольских раскопок и т. д.

На основании всех этих работ, возникших в результате историко-технологического фотоанализа, Тихонов провел работу с недодержанной пластинкой, на которой было скрыто изображение Ленина. Работа по словам автора была построена по следующей схеме.

1. Получение основного, с максимумом деталей, негатива при соответствующем освещении.

2. Усиление этого негатива в три ступени (т. е. в 9 раз) методом озобромирования с слоем бромистого серебра с последующим проявлением амидолом.

3. Получение оптическим контактом с этого негатива позитива на хлоробромистой пластинке с введением фильтра для дальнейшего развития изображения при мягком проявлении.

4. Получение с этого позитива, после его повторного проявления и выравнивания контрастов, нового негатива.

Работа потребовала свыше 100 специальных экспериментов и закончилась успешно. На пленуме Государственной академии истории материальной культуры в дни десятой годовщины со дня смерти Ленина Н. П. Тихонов сделал доклад о результатах своей работы. На докладе он продемонстрировал восстановленный групповой снимок и отдельно выделенный из него портрет Ленина.

Значение этой работы Н. П. Тихонова не исчерпывается получением нового портрета Ленина. Результаты применения методики Тихонова дают право утверждать о ее значимости для целого ряда отраслей научно-исследовательской работы, в частности для фоторабот в спектрограммометрии, при рентгеновском структурном анализе и в ряде дугих случаев.

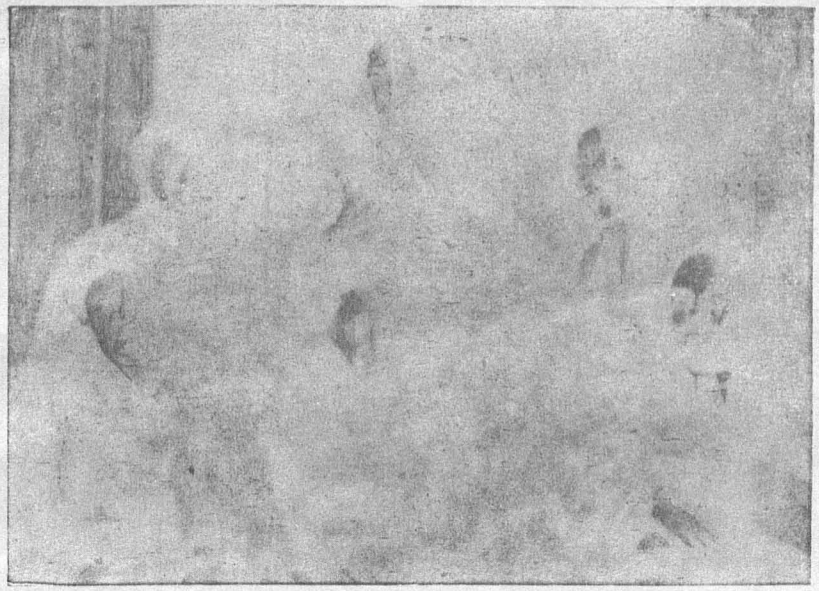
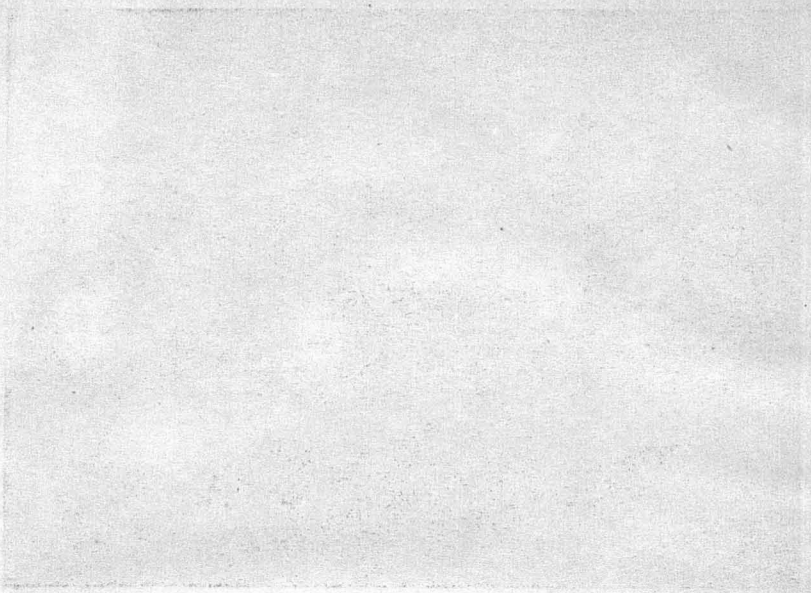


Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3.

Рис. 4. Восстановленный снимок в окончательном виде.



Против упрощенчества

В конце прошлого года при Комитете по высшему техническому образованию создан руководящий центр по разработке курса истории техники, развернувший подготовку учебных материалов и программ по ряду отраслей промышленности (металлургия, электротехника, горное дело, авиация).

В этой работе должны быть учтены недостатки, допущенные при попытках создания общего курса марксистской истории техники, ограничивавшегося только комментированием наследия Маркса, Энгельса и Ленина. Отсутствие глубокой проработки отдельных проблем технического развития, игнорирование огромного фактического материала, накопленного буржуазной наукой по истории техники, — вот основные недостатки этих общих курсов.

Книга т. Иваницкого «Введение в историю техники» (Ленинград 1933 г., изд. Учебного комбината ГВФ) является убедительной иллюстрацией этого положения. Тов. Иваницкий не знает фактического материала, и поэтому в его книге нет истории. Там же, где т. Иваницкий излагает пути технического развития, он неизменно скользит по поверхности, допуская при этом огромное количество ошибок.

Его ошибки можно разделить на две категории: чужие — их немного, и собственные — их изрядное количество. К чужим мы относим те ошибки, которые позаимствованы т. Иваницким (хотя и без ссылок на авторов) у тт. Бессонова и Милонова.

Тов. Иваницкий позаимствовал у т. Милонова методологически ошибочное и практически вредное отождествление бухаринской «теории» «узких мест» с ленинским учением о «ведущем звене». Он считает вслед за Милоновым, что положение Бухарина об «узких местах» есть реальный закон, что существо различий между ленинским учением о «ведущем звене» и бухаринским положением сводится только к формулировке.

Такая постановка вопроса о ведущем звене имеет следующую основную ошибку: ленинское учение о звене есть дальнейшее развитие диалектической логики — конкретизация учения о развитии объективной необходимости и превращении возможности в действительность, причем ленинская формулировка предполагает активную роль класса, партии, ставящих перед собой определенную цель и осуществляющих эту цель не однократным актом, а целым рядом актов, следующих один за другим.

Отсюда вытекает невозможность распространения ленинского учения о ведущем звене на все социально-экономические формации. Можно говорить о целеполагающей деятельности человека, о том, что наша партия в условиях господства капитализма руководствовалась в области классовой борьбы ленинским учением о ведущем звене, но нельзя рассматривать исторический процесс развития техники до периода диктатуры пролетариата как осуществление сознательной воли. Ведь технический прогресс в условиях капитализма происходит стихийно, без плана. Вряд ли может встретить возражение такое указание Энгельса: «Люди сами делают свою историю, но до сих пор несознательно, не руководя ею общей волей, по единому общему плану. Этого не было даже в пределах определенного отграниченного данного общества (не говоря уже о всем человечестве)» (письмо к Штаркенбергу).

Изучение узких мест в области технического развития дает представление обо всем процессе технического развития капиталистического общества. Факты эпохи промышленного переворота и последующего развития капитализма убедительно показывают, что разрешение технических проблем осуществлялось только тогда, когда человечество сталкивалось с той или иной необходимостью, когда возникало то или иное «узкое место» (история текстильных машин, история транспорта, металлургии, паровой машины, машиностроения).

Ленинское же учение о ведущем звене — учение, дающее силу ориентировки, ясность перспектив во всех областях человеческой деятельности в эпоху социалистического строительства.

Из этого учения вытекает возможность раскрытия и разрешения противоречий, заложенных в машинах и технологических процессах, не как результат стихийного развития, а как результат планового осуществления проблем технической реконструкции нашей страны.

Если для периода диктатуры пролетариата подмена ленинского учения бухаринской теорией означает подмену плановости стихийностью, то распространение ленинского учения о ведущем звене на капиталистическое общество означает подмену стихийности капиталистического развития плановостью.

К этому же разряду ошибок надо отнести механическую по существу теорию, позаимствованную у Бессонова, о развитии всякой машины по законам «подражания прежде существовавшим орудиям» (стр. 20). Эта теория ограничивает рамки технического творчества, не допуская возможности возникновения новых технических идей.

С вопросом развития машин непосредственно связана теория происхождения орудий труда. В этой теории, наряду с учением Маркса, широко распространены идеалистические идеи, проникающие в нашу литературу (см. Данилевский, «История техники»; Бухарин, «Теория исторического материализма», стр. 124). Иваницкий критикует органическую теорию Каппа, но целиком позаимствовал свои аргументы у Бессонова (опять без ссылки на автора). Он не раскрывает ни идеалистической сущности теории Каппа, утверждающей, что исходным в создании орудий труда является «человеческий дух», ни практической вредности этой теории, ограничивающей технический прогресс рамками конструкции человеческого организма.

Однако не в повторении чужих ошибок основной порок книги Иваницкого. В ней слишком много собственных ошибок и главная из них — декларативное изложение вместо вдумчивого анализа развития техники.

В § 6 т. Иваницкий в основном правильно сформулировал задачи, стоящие перед курсом истории техники. Однако для самой книги характерно почти полное игнорирование этих задач. В выяснении путей развития отдельных технических изобретений т. Иваницкий не пошел дальше «анализа» буржуазных историков. Нельзя дать характеристику развития техники при капитализме без анализа закона неравномерного развития техники. Между тем этот закон целиком выпал из всей книги т. Иваницкого.

Блестящий анализ социальной обусловленности технического развития для эпохи капитализма дан Марксом в письме к Анненкову. Он может служить канвой, которую надо только заполнить фактическим материалом, показав тем самым действительную взаимную зависимость техники и экономики, техники и науки, техники и классовой борьбы.

У Иваницкого не только отсутствует всестороннее освещение развития техники, но нигде в книге вы не найдете анализа самой конструкции, последовательности ее развития, того нового, что внесено тем или иным изобретателем. Такое изложение, конечно, не может показать, «как мало какое бы то ни было изобретение... принадлежит тому или иному отдельному лицу» (Маркс).

В книге Иваницкого имеется лишь простой перечень фактов, зачастую извращенных.

Вот образцы «анализа» у Иваницкого:

«Еще в половине XIX в. появились бессемеровские стали, произведшие настоящую революцию в сталелитейной промышленности благодаря необычайному ускорению процесса производства. Дальнейшим этапом явилась отражательная печь Мартена (1870 г.)»... (стр. 66).

«Проблему паровой турбины разрешили почти одновременно Парсонс в Англии (1884 г.) и Лаваль в Швеции (1889 г.). Первый дал конструкцию более мощной, а второй более компактной турбины»...

«Начало газового мотора восходит еще к концу XVII в., когда Папин пытался создать пороховую машину, действующую взрывом пороха в цилиндре. Ряд изобретателей, следующих за ним, заканчивается, наконец, французским рабочим Ленуаром и немецким купцом Отто почти одновременно, в начале 60-х годов XIX в. взявших патенты на вполне годные для работы газовые моторы. При этом, если у Ленуара газ, превращавшийся в механическую энергию, взрывался по обеим сторонам поршня, то у Отто только по одну сторону. Победа осталась за мотором Отто».

Эти примеры можно увеличить. Книга ими изобилует. Такой характер «анализа», в котором отсутствует освещение причин, поставивших проблему технических изобретений и рассмотрение сущности нового изобретения, ничему не учит и тем более ни в какой мере не соответствует поставленной задаче — изучения истории «образования производительных органов общественного человека».

Еще хуже, когда Иваницкий, извращая исторические факты, излагает историю по надуманной схеме. Так, например, исходя из неверных предпосылок, Иваницкий вынужден утверждать, что паровая турбина изобретена раньше двигателя внутреннего сгорания (см. § 44, 45), хотя даты появления паровой турбины (1884 г. — турбины Парсонса, 1889 г. — Лаваля) и двигателя внутреннего сгорания (60-е годы XIX в.), приводимые Иваницким, достаточно ясно опровергают это положение.

Появление паровой турбины непосредственно связано с историей электротехники. Развитие динамомашины требовало быстроходного двигателя. Ответом на это явилась паровая турбина. Поэтому чудовищно нелепым является утверждение Иваницкого о призраке «топливного голода» как причине, обусловившей появление паровой турбины.

Поскольку т. Иваницкий не устанавливает социально-экономической обусловленности технических изобретений, он не может также показать и действительных причин, обусловивших появление двигателя внутреннего сгорания (конкурентная борьба крупного капитала с мелким, поиски технических средств, укрепляющих экономические позиции мелкой промышленности, неэкономичность маломощных паровых машин, их громоздкость и опас-

ность взрывов). Тов. Иваницкий не показал также развития двигателя внутреннего сгорания, не рассмотрел важнейших этапов в его истории, а между тем как нельзя понять историю паровой машины без исходной работы Папина, так и историю газового двигателя нельзя излагать, не упомянув о Барнете (1838 г.), установившем важнейшие технологические предпосылки двигателей внутреннего сгорания. [Вторая конструкция Отто (1877 г.), о которой Иваницкий также не упоминает, является по существу использованием принципов Барнета.]

Образцом извращения истории техники является изложение Иваницким истории паровой машины (§ 29) и электротехники (§ 47). В истории паровой машины возьмем только период, связанный с работами Уатта.

Отдельных этапов работы Уатта над усовершенствованием паровой машины [теоретические исследования свойств пара, усовершенствование машины Ньюкомена (1765 г.), создание машины «простого действия» — патент 1769 г., машины двойного действия — патент 1784 г.] Иваницкий не освещает вовсе. По Иваницкому, Уатт (еще в 1776 г.) (?) «применил к своей машине принцип двойного действия» (стр. 46). Иваницкий при этом считает, что применение принципа двойного действия вызывалось необходимостью устранить потерю тепла: «так как при спускании поршня вниз давлением атмосферного воздуха непроизводительно терялось много тепла при общей замедленности движения, то Уатт применил к своей машине принцип двойного действия. Он совершенно устранил воздействие на поршень атмосферного воздуха» (стр. 46).

Надо же умудриться нагородить столько ошибок!

Уже в машине простого действия (патент 1769 г.) Уатт разрешил задачи, обусловившие, по мнению Иваницкого, появление машины двойного действия. Для этого достаточно знать конструкцию машины простого действия, достаточно знать, что ее конденсатор и рубашка разрешают задачу «уменьшить в огневых машинах потребление пара, а следовательно, и топлива» (из описания к патенту 1769 г.) и использовать в качестве движущей силы «вместо атмосферного давления упругость пара».

Машина двойного действия вызвана к жизни отнюдь не развитием горного дела, как указывает т. Иваницкий, а потребностями развивающейся крупной промышленности, требовавшей изменения принципа действия паровой машины и увеличения ее скорости. Созданная Уаттом машина двойного действия и разрешила эти задачи.

«Великий гений Уатта обнаруживается в том, что патент, взятый им в апреле 1784 г., давая описание паровой машины, изображает ее не как изобретение лишь для особых целей, но как универсальный двигатель крупной промышленности» («Капитал», т. I, гл. 13).

Еще хуже излагает т. Иваницкий историю электрического двигателя. Все изложение ограничивается упоминанием всего лишь нескольких изобретателей. Начав с Франклина, которому Иваницкий неверно приписывает открытие статического электричества, он сразу перескакивает к Эрстеду (работы Гальвани, Вольта и многих других даже не упомянуты). Не объяснив вразумительно сущности работы Эрстеда, Иваницкий переходит к Фарадею (работы Араго и Ампера — необходимейшие этапы в истории предмета — Иваницкий упускает) и далее в таком же духе переходит к работам Сименса и Грамма. Нигде Иваницкий не изменяет своему методу, нигде он не раскрывает сущности работ отдельных изобретателей и причин, обусловивших появление изобретений.

Отсутствие в изложении социально-экономической обусловленности технического развития приводит Иваницкого к непониманию ограниченности, а зачастую и полной невозможности использования машин в условиях капитализма (см. § 46 «Газовая турбина»).

Абстрагируя технические усовершенствования от классовой борьбы, Иваницкий не может показать, что поточная система производства направлена не столько к уменьшению рабочего периода, сколько к уплотнению рабочего дня и к интенсификации труда. Иваницкий не указывает действительных причин, обусловивших появление поточной системы, комбинирования предприятий, внедрения катализа и высоких давлений, автоматизации, механизации — всех этих современных тенденций капиталистического развития. Иваницкий не понимает того, что эти тенденции являются результатом стремления капиталистов к ускорению оборота капитала, к повышению норм прибыли через обеспечение непрерывности производственного процесса и его ускорение. «Поскольку время производства, — указывает Маркс, — избыточное по сравнению с рабочим временем, не определено раз навсегда данными законами природы, как при созревании хлеба, вырастании дуба и т. п., период оборота может более или менее сокращаться посредством искусственного сокращения времени производства» («Капитал», т. II, гл. 13).

Боевым, актуальным вопросом современности является вопрос о взаимодействии науки и техники. Иваницкий уделяет этому вопросу только одну страницу и на этой одной странице дает неправильное толкование.

Развитие естествознания в XVI—XVII вв., обусловленное развитием торгового капитала, горной и металлургической промышленности, военного дела, создает необходимые «механические знания» для дальнейшего развития машин. Теснейшая обусловленность развития науки и техники может быть ярко показана сопоставлением физической тематики с техническими проблемами этой эпохи. «Если после темной ночи средневековья, — указывает Энгельс, — начинают развиваться науки с известной быстротой, то этим мы обязаны развитию промышленности». Если бы Иваницкий учел это, он не допустил бы столь неграмотного утверждения о том, что к концу XVII в. все элементы паровой машины, все законы, управляющие расширением пара, были уже известны

среди тогдашних техников» (стр. 46, подчеркнуто мною — *Ш. Г.*) или же что «прежняя математика, оказавшаяся не в состоянии разрешить новые задачи, вступила в противоречие (?) с машинным способом производства. Противоречие было снято разработкой новых отраслей математики, аналитической геометрии, диференциального и интегрального исчисления» (стр. 64). Достаточно привести одно место из «Диалектики природы», чтобы понять всю несерьезность изложения Иваницкого.

«Древность, — писал Энгельс,—имела Евклида и солнечную систему Птоломея, арабы — десятичное исчисление, начала алгебры... христианское средневековье не оставило ничего. При таком положении вещей естественно, что первое место заняла элементарнейшая отрасль естествознания — механика земных и небесных тел, а наряду с ней, на службе у нее, открытие и усовершенствование математических методов. Здесь были совершены великие дела. В конце рассматриваемого периода, отмеченного именами Лейбница, Ньютона и Линнея, эти отрасли знания получили известное завершение... аналитическая геометрия... Декартом, логарифмы — Непиром, диференциальное и интегральное исчисление — Лейбницем и, может быть, Ньютоном».

Путаное изложение взаимодействия науки и техники вытекает у Иваницкого из незнания действительной истории науки. В книге нет развития науки, и поэтому отсутствует показ ее связи с техникой.

Преподавание марксистской истории техники стоит перед целым рядом сложных вопросов. Их разрешение требует серьезной упорной и коллективной работы. Не овладев методами диалектического материализма в области техники, нельзя создать действительной науки, раскрывающей картины объективного движения «истории образования производительных органов общественного человека».

Бороться с упрощенчеством прошлой работы, критически овладеть фактическим материалом — такова очередная задача работников фронта истории техники.

Ш. ГУРЕВИЧ

Очерки по истории машиностроения, I т.

Теодор Бек

Перевод Е. Левкович и Б. Прозорова. Редакция и вступительная статья проф. В. Дитякина, Государственное технико-теоретическое издательство, Москва — Ленинград 1933.

Классический труд Теодора Бека по истории машиностроения, составленный из написанных автором в разное время и давно уже сделавшихся широко известными очерков, переведен не целиком: по соображениям чисто субъективного характера, редактор некоторые очерки из перевода исключил. Все же переведено целых 22 очерка, и этот перевод был бы ценнейшим вкладом в нашу скудную литературу по истории техники, если бы он был выполнен хоть сколько-нибудь удовлетворительно. К сожалению, этого сказать нельзя; содержание хорошо изданной и на первый взгляд производящей благоприятное впечатление книги совершенно не соответствует ее внешнему виду.

Приведем прежде всего примеры неточностей и неправильностей перевода отдельных слов и выражений. Стр. 13 — «гончарный станок» вместо «гончарный круг» (Töpferscheibe). Также на стр. 60 — «толчейный стан», которым «растирают» порох, вместо «толчея» (Stampfwerk), в которой «толкут» порох. Стр. 54 — «Гравюры» (Skizzen) — ничем не объяснимая грубая ошибка в переводе заглавия отдела («Гравюры времен гуситских войн»). Ни о каких «гравюрах» в данном случае не может быть речи, просто это рисунки на рукописи. Так и следовало перевести — «рисунки». Стр. 55 — «огневые сооружения» — грубейшая ошибка. Надо перевести: «зажигательные смеси» (Brandmassen). Стр. 58 (к рис. 73) — «маховой крючкообразный груз» вместо «молотообразный» (hammerförmiges) маховой груз. Ничего «крючкообразного» в данном грузе нет, как это явствует из рисунка. Стр. 58 — «механизм движения» вместо «двигательный механизм» (Bewegungsmechanismus). Тут же—«головы поршневого стержня» вместо просто «головки стержней» (Stangenköpfe), ни о каких «поршневых стержнях», как видно и из рисунка, нет речи. Стр. 83 — «высачивание руды» — совершенно курьезный перевод немецкого выражения «Ausschmelzen der Erze». Надо, конечно, «плавка руды». Стр. 84 (в самом начале) — «желобятся». Так по-русски не говорят, надо: «делаются с желобами» (ausgekehlt). Стр. 93 — «кривошип» — неверно; переведенный этим словом немецкий термин «Spillen-Kreuz» обозначает крестообразно посаженные на ворот спицы, при помощи которых этот ворот приводится в движение. Стр. 87 — «машина с двойным лопастным колесом». Непонятно и неверно, надо: «машина, колесо которой снабжено двойным рядом лопаток». Стр. 125 «горные работы» вместо «горные разработки» или «рудники» (Bergwerke). Стр. 126 — «водный механизм». Чистая бессмыслица, надо: «водоподъемная машина» или «водоподъемное сооружение» (Wasserkunst). Там же — «знак зверя» вместо «зодиак» (Thier Kreis). Стр. 129 — «один (сосуд) наполняется, а другой опустошается». Надо, конечно, «опоражнивается». Стр. 180 — «простейшие механизмы» вместо «механические силы» (mechanische Potenzen). Стр. 182 — «наклонная поверхность» вместо «наклонная плоскость» (schiefe Ebene). Здесь же (внизу) — «насаживали» пушки на лафеты вместо «ставили» пушки на лафеты.

Но все эти неточности и ошибки в переводе отдельных терминов и выражений — настоящие пустяки по сравнению с теми грубейшими искажениями смысла текста подлинника, которые проистекают от неправильного перевода целых фраз и даже целых абзацев работы Бека. Вот несколько примеров таких неправильных переводов.

Переведено:	Следует перевести:
Стр. 57 (к рис. 71).	
«Кто хочет пэстроить мельницу, должен взять две железных балки и придать железу указанную на рисунке форму. Еверху и внизу они должны быть стальными. Подошва, куда вставляется балка,	«Если кто захочет построить мельницу, должен взять два железных бруска (Eisenschienen) и изготозить железный стержень (Eisen) определенной формы, как это изображено на рисунке. Верхняя и нижняя его

тоже должна быть из стали, а жернова — шириной в 3 фута; для хорошего помола надо сильно натягивать жернова веревками, каждую помощью двух рабочих»[1].

части должны быть стальными. Подошва, в которую входит стержень, тоже должна быть из стали, а жернова — по 3 фута ширины каждый. Если мельницу приводить в движение двумя тяговыми приспособлениями (Zügen), каждое с помощью двух рабочих, она хорошо мелет».

Из соответствующего рисунка (71) видно, что никаких веревок для приведения в действие мельницы не употребляется. «Тяговые приспособления» (Zügen) представляют собою шатуны, соединенные непосредственно с железным стержнем (коленчатой формы), о котором говорится в описании.

Переведено:	Следует перевести:
Стр. 58 (в середине).	
«Верхний жернов должен быть длиной в 3 фута, шириной в руку и толщиной в полфута, так что это будет очень мощная мельница, которая перемалывает вдвое больше, чем ручейная мельница».	«Что же касается жерновов, то верхний должен иметь $3^1/_2$ фута ширины (в диаметре) и $^1/_2$ фута толщины. Тогда это будет очень мощная мельница, которая в состоянии молоть половину того, что мелет ручейная мельница».
Стр. 78 (конец).	
«Эти сверла имеют вид горбин (Buckel), тогда как мое было, как кусок желоба (рис. 124в) с острыми лезвиями».	«Эти сверла имеют вид горбин, мое же представляло собой как бы одно целое — результат единой отливки (рис. 124в), с острыми резцами из закаленной стали».
Стр. 86 (к рис. 133).	
«... подъемная машина с конным приводом... и тормозным приспособлением, которое было необходимо для перепряжки лошадей».	«...подъемная машина с конным приводом... и тормозным приспособлением, которое делало ненужной перепряжку лошадей».
Стр. 91 (вверху).	
«Но так как... это не было особенно важно» и т. д.	«Но так как... это было целесообразно» и т. д.
Стр. 128.	
«... работал над обоими часами — большим и малыми».	«Работал над обоими часами — большими и с кристаллическими крышками».
Стр. 156.	
«В 1529 г. он поступил на службу к императору, славно сражался против турок, воспитывал в 1543 г. герцога фон-Клеве, командовал взятием Люксембурга».	«В 1529 г. он поступил на службу к императору, славно сражался с турками, усмирил в 1543 г. герцога фон-Клеве, командовал войсками при взятии Люксембурга».

Стр. 177 (вверху), где речь идет об орудиях, заряжающихся сзади и пропускающих через казенную часть пороховые газы:

«Ввиду того, что причина известна, я полагаю, что можно этому помочь, признав их непригодными для военных судов и годными лишь для защиты крепостей. Указанные ошибки вытекают лишь из недостаточной прочности казенной части...»	«Ввиду того, что причина известна, я утверждаю, что этому можно помочь и сделать их вполне пригодными не только для названных военных судов, но и для защиты крепостей. Такого рода дефекты являются лишь следствием недостаточной крепости казенной части...».
Здесь же.	
«Для зарядки орудия необходимы три вещи: дубовый молот — обычно употребляемое для вытягивания влаги из ствола приспособление, — пороховые мешки или патроны с порохом и ядро».	«Чтобы зарядить пушку, необходимо иметь три предмета: дубовый молоток, банник, который хватал бы, как это общепринято, до половины ствола, для его прочистки, и мешки с порохом или патроны с порохом и ядром».

[1] Курсив везде наш.—*Н. Г.*

Здесь же (рис. 279) при описании устройства затворов заряжающихся с казенной части орудий

Переведено:	Следует перевести:
«Эта большая ширина придает устойчивость в вертикальном положении, так что пороховая камера выступает в обе стороны над шириной на $^1/_4$ диаметра ядра...»	«Эта большая ширина (затвора) приходится по вертикали, так что по обе стороны пороховой камеры она выступает над последней на четверть диаметра ядра...».
Стр. 181 (конец).	
«...здесь применяется, так же как и при ручном вороте, двойной рычаг, что чрезвычайно важно; груз приходится поднимать вертикально вверх не силой, в каковом случае сила тяжести должна быть такой же, а его продвигают по ровной поверхности с меньшим уклоном, чем ход нарезки винта... Поэтому следует обратиться к причинам, от которых зависит большая или меньшая сила...».	«Здесь, как и при ручном вороте, применяется двойной рычаг, причем большое значение имеет то обстоятельство, что помощью силы груз приходится не прямо вертикально поднимать вверх, в каковом случае сила должна быть равна тяжести, а подвигать его по плоскости, имеющей меньший наклон по сравнению с наклоном нарезки винтов... Поэтому следует тщательно учитывать причины, от которых зависит большая или меньшая степень силы...».

Аналогичные неточности и ошибки в переводе отдельных терминов и выражений имеются на стр. 128, 130,157, 180 и др.

Наряду с неправильными переводами часто встречаются неточные переводы целых фраз и абзацев, причем нагромождение таких неточностей опять-таки ведет к искажению смысла подлинника. Вот несколько примеров таких неточных переводов:

Стр. 57 (к рис. 70 — описание винтового домкрата для подъема орудийных стволов).

Переведено:	Следует перевести:
«Деревянный винт, на котором висит орудие, свободно проходит через доску и попадает в гаечную нарезку, вырезанную в толстой доске, лежащей на поверхности стола. На конце этой доски прикреплены крепкие железные стержни, нижние концы которых держит рабочий и с ними обходит вокруг стола, чтобы завернуть или отпустить винт».	«Деревянный винт, к которому привешен орудийный ствол, свободно проходит через крышку стола и вырезанную в установленной на ней толстой доске гаечную нарезку. На краях этой доски укреплены загнутые книзу крепкие железные стержни. Рабочие берутся за нижние концы этих стержней и ходят с ними вокруг стола, чтобы поднимать или опускать винт».
Стр. 68 (к рис. 109).	
«Баба копра подвешена крючками к тяговому канату, который автоматически отцепляется, когда баба подтягивается на требуемую высоту, в это же время, как видно на главном рисунке, удлиненная задняя часть стержня крючка упирается в штифт, укрепленный в станину».	«Здесь баба копра подвешена к тяговому канату на крюке, который автоматически отцепляется, когда баба поднята на надлежащую высоту, как это видно на рисунке, на котором удлиненная задняя часть стержня крюка толкается снизу укрепленным в станине штифтом».
Стр. 141.	
«...объяснения же Бероальда дают лишь весьма недостаточное представление о рисунках, так же как и об обеих названных дисциплинах».	«...объяснения же Бероальда свидетельствуют лишь о недостаточном понимании им рисунков, так же как и обеих названных дисциплин».
Стр. 183.	
«... на верху эти корзины, подвешенные другими работниками, освобождаются и опускаются путем подвески к опускающемуся концу цепи».	«... наверху другие рабочие снимают эти корзины, опоражнивают их и затем вешают на ту часть цепи, которая идет вниз».

Приведенные примеры неточности переводов целых фраз и абзацев не единичны. См. также на стр. 67, 86, 91, 124, 125, 158 и др.

Небрежность и неточность перевода, между прочим, выражается в том, что, например, вместо выражения «невероятно» ставится «мало вероятно» (стр. 125), вместо «кажется установленным» — «считается установленным» (там же), вместо «невозможное» — «невероятное» (стр. 179) и т. д. Перевод изобилует также пропусками. Постоянно пропускаются отдельные слова выражения, целые фразы, и таким образом происходит своеобразное «сокра-

щение» текста, почти всегда сопровождающееся его искажением. Иногда такого рода «сокращения» объясняются просто поспешностью перевода и небрежностью переводчиков, но нередко они зависят исключительно от трудности текста: не будучи в состоянии осилить эти трудности, переводчики просто соответствующий текст опускают. Вот некоторые примеры таких пропусков. На стр. 83 (в очерке об Агриколе) при перечислении орудий рудокопа названы молот, лом и кирки. При этом пропущено названное в подлиннике еще одно орудие — долото для отбивания породы, очевидно, ввиду того, что соответствующий немецкий термин Eisen переводчики затруднялись осмыслить.

На предыдущей странице (82) при перечислении сочинений Агриколы они названы не все; одно («О существах, живущих под землей») опущено (кстати будем думать, что неправильный перевод заглавия одного сочинения «О войнах» есть просто результат опечатки): следует читать «О ваннах» (Von den Bädern).

Иногда пропуски в переводе разрывают изложение, но переводчики, очевидно, этого не замечают. Пример: на стр. 178 приводится отрывок из гл. 8 кн. 10 сочинения Лорини с интересным описанием процедуры применения своеобразного водолазного колокола. В переводе мы читаем: «Наверху он подвешивается на канате... Отверстие его находится примерно в 3 футах от камня, на котором стоит человек, который железным стерженьком укладывает и направляет каждый... камень». Дальше в переводе опущено следующее: «При этом часть корпуса человека, а главное его голова помещаются внутри означенного чана, наполненного воздухом, как о том сказано подробнее в 15 гл. 5 кн.». Пропустивши эту важнейшую часть описания процедуры применения водолазного колокола, переводчик далее продолжает:

«В этой главе сказано следующее»... В какой, спрашивается, главе? По тексту перевода (с пропусками) в гл. 8 кн. 10, на самом же деле, согласно тексту подлинника, в гл. 15 кн. 5.

В целом ряде случаев переводы страдают неточностями, неправильностями и пропусками текста одновременно. Например:

Переведено:	Следует перевести:
На стр. 124. «Во времена Рима воду из источников Del Roble Del Castano, которые лежат во впадинах горных кряжей, образующих ворота Иебенес и склоны Кастаньера, направляли посредством акведука в город, который пересекала река Тахо. Фундаменты этих мостов (?), именно на левом берегу, доходят под мост Алькантар очень близко к руинам «сооружения» Джуанелло».	«Во времена Рима воду из источников Del Roble и Del Castano, лежащих во впадинах горного кряжа, образующего ворота Иебенес и склоны Кастаньера, направляли в город посредством акведука, проходившего у подножья горы через р. Тахо по каменному мосту. Основания этого моста, именно на левом берегу, пониже моста Алькантар, очень близко подходят к руинам «сооружения» Джуанелло».
На стр. 129. «Самое существенное состоит в искусстве соединить несколько перекрещивающихся балок посредине и на концах, наподобие того, как это сделано в подъемной машине Роберта Вальтурия».	«Существенное в нем — это соединение болтами или цапфами нескольких крестообразных брусьев посредине и концы с концами так, как это сделано в машине Роберта Вальтурия для того, чтобы поднимать вверх человека».
Стр. 182 (вверху). «Наша задача состоит в определении сил, подлежащих применению для подъема или опускания груза».	«Наша задача состоит в том, чтобы научиться определять разницу сил, которые должны быть применяемы для продвижения тяжестей по различным плоскостям или для их подъема».

В заключение отметим одни курьез. На стр. 126 «Очерков» говорится, что Джуанелло Турриано умер, а потом сделал замысловатые часы. На самом деле в подлиннике говорится, что Турриано «чуть не умер (Kam dem Tode nahe), но затем ему понадобилось не более трех лет», чтобы собственноручно изготовить упомянутые часы.

Мы полностью просмотрели два очерка: «Гравюры времен гуситских войн» и «Буонаюто Лорини». Оба они переведены из рук вон плохо, и ими, по нашему мнению, пользоваться нельзя. Частично мы просмотрели также очерки о Турриано и об Агриколе, причем и здесь обнаружили массу ошибок. Мы пробовали затем брать и просматривать отдельные небольшие отрывки из разных мест книги — результаты получились те же. В общем о переводе в целом надо сказать, что пользоваться им в лучшем случае рискованно, так как он может подвести читателя на каждом шагу, преподнося ему то, что имеется у Бека, в более или менее искаженном виде. Из вступительной статьи редактора как будто бы следует, что готовится к печати вторая часть русского издания работы Бека. Мы предостерегаем издательство от повторения ошибок первой части и надеемся, что перевод второй части будет сделан более компетентными и грамотными людьми.

ГРАЦИАНСКИЙ

Античный способ производства в источниках [1]

Литературные, эпиграфические и папирологические свидетельства о социально-экономической истории древней Греции, эллинистического Востока и Рима. Под ред. С. А. Жебелева и С. И. Ковалева. С предисловием А. Г. Пригожина. «Известия Государственной академии истории материальной культуры», вып. 78. Издательство ГАИМК, Ленинград, 1933 г., стр. 596. Цена 10 руб. Тираж 3 000.

Сборник составлен коллективом авторов, сотрудников сектора истории материальной культуры рабовладельческой формации ГАИМК. Как указывают в предисловии (стр. 9) составители, сборник рассчитан и на использование его в высшей школе. Он состоит из следующих разделов: А. Рабский труд (стр. 11—70); Б. Свободный труд (стр. 71—106); В. Крепостной труд (стр. 107—109); Г. Техника (стр. 110—189); Д. Землевладение и домовладение (стр. 190—222); Е. Торговля, торговый капитал и торговый транспорт (стр. 223—290); Ж. Денежный капитал (стр. 291—343); З. Государственное и городское хозяйство (стр. 344—381); И. Классовая борьба (стр. 382—514); К. Социально-экономические взгляды античных писателей (стр. 515—578). Указатель имен и предметов (стр. 579—593).

Как видим, сборник широко и многосторонне охватывает тему, указанную на его заглавном листе. В качестве материала широко использованы отрывки из литературных, эпиграфических и папирологических источников (многие материалы, специально переведенные для сборника, впервые появляются в русском переводе). По своему содержанию и построению сборник резко отличается от всех ранее опубликованных хрестоматий по истории античного мира. Он представляет, несомненно, первую попытку сводки первоисточников об античном способе производства, составленную на основе марксистско-ленинской методологии.

Концепция Маркса-Энгельса, разоблачившая идеализацию буржуазными авторами истории античного мира и показавшая на богатейшем материале подлинную картину классовой борьбы в античных обществах, может быть иллюстрирована обширным фактическим материалом, собранным в сборнике. Особенную ценность представляет предпоследний раздел сборника, посвященный вопросу классовой борьбы в античном мире. Восстания рабов, революционные движения в Греции и Риме, стачки египетских крестьян, борьба патрициев и плебеев в древнем мире, гракханское движение, заговор Катилины раскрыты в отрывках этого раздела. Он дает богатый конкретный материал к словам т. Сталина: «Революция рабов ликвидировала рабовладельцев и отменила рабовладельческую форму эксплоатации трудящихся» (речь на 1-м Всесоюзном съезде колхозников-ударников).

Но в то время как материалы, приведенные в сборнике, дают широкую и интересную картину античного способа производства в социально-экономическом разрезе, история античной техники, рамками рассмотрения которой ограничена эта рецензия, представлена неудовлетворительно.

Кроме специального раздела «Техника», занимающего около одной седьмой части сборника, материалы по истории техники античного мира даны также в ряде других разделов (особенно в разделах «Землевладение и домовладение», «Торговля, торговый капитал и транспорт», «Государственное и городское хозяйство» и др.).

Основной раздел, трактующий вопросы техники, разбит на пять подразделов: I. Сельское хозяйство; II. Промышленность; III. Строительное дело, водоснабжение, мелиорация, механизмы; IV. Военная техника; V. Разделение труда.

По ряду отдельных вопросов развития техники в сборнике даны весьма ценные материалы. Особенного внимания заслуживает в этом смысле в разделе «Техника» IV подраздел «Военная техника», в котором публикуются материалы о боевом вооружении, о технике осады и обороны, о метательных орудиях, о военно-морском деле, об устройстве военных мостов, укреплений и т. д. Ряд интересных материалов приведен также в подразделах «Сель-

1) Редакция предоставляет т. Данилевскому право одновременно опубликовать эту рецензию в изданиях Государственной академии истории материальной культуры.

ское хозяйство» и «Промышленность». Но тем не менее никак нельзя признать удачным освещение истории античной техники, данное в сборнике. Неудачна и сама система и распределение материалов. Так, например, целому ряду второстепенных материалов уделены десятки страниц, в то время как такой важнейший подраздел, как «Разделение труда», сведен всего к полутора страничкам, на которых приведены лишь четыре отрывка, причем, если первый и последний открывки в этом разделе представляют интерес, то второй и третий вызывают недоумение.

Чем объяснить, что интереснейшие материалы по данному вопросу, представленные в других разделах в иной связи, далеко не использованы непосредственно в подразделе «Разделение труда»?

Второй по порядку в подразделе «Разделение труда» отрывок говорит: «Полагаю, ты слышал, что Оппию выткана тога претекста (с вотканной пурпурной полосой). Ведь Курций наш помышляет о дважды окрашенном пурпуре, но его красильщик задерживает» (стр. 188). После того как по самому сборнику разбросан более яркий материал по этому же вопросу и приведены десятки профессий, приводить для характеристики разделения труда в античном мире сообщение о том, что в древнем Риме были красильщики, пожалуй, несколько наивно. Еще более проблематична целесообразность третьего отрывка из Нония Марцелла, сообщающего следующую истину: «Варрон (в Менипповой сатуре): «мулы взаимно скребут друг друга», или «о почесывании» говорит... «чтобы ежедневно изготовлять на продажу тунику, чтобы расплетать пряди, наконец, также собственными руками чесаную шерсть доставить красильщику» (стр. 188). Вообще в этом незаконченном отрывке трудно что-либо понять и уж никак нельзя усмотреть ничего, что могло бы характеризовать разделение труда. Упоминание о красильщике, учитывая материалы других разделов сборника, как будто и здесь тоже мало что может сказать.

Подраздел этот совершенно неудачен. В таком виде его просто не следовало печатать. Ведь в ряде других мест, посвященных вопросам труда, сельского хозяйства, промышленности, в сборнике дан богатый материал для действительно научной характеристики вопросов разделения труда. В крайнем случае можно было бы в подразделе «Разделение труда». сослаться на материалы, разбрасанные по этому вопросу в других разделах сборника[1]. Во всяком случае, если и говорить о характеристике разделения труда в сборнике, так она представлена в таких подразделах, как «Промышленность», в подразделах, освещающих вопросы труда и т. д.

Характерно для сборника также то, что в разделе «Техника» нет никаких материалов, характеризующих классовый характер античной техники. Совершенно не показаны особенности, какие наложил рабовладельческий строй на характер созданной им техники. Движущие силы развития техники оказались в сборнике оторванными от самой техники. Вопрос здесь не в том, что в распоряжении составителей не было необходимых материалов,—в других разделах самого сборника имеется множество материалов, которые можно было бы использовать для показа классового характера техники, для освещения движущих сил ее развития в рабовладельческих обществах. Если бы те же подразделы «Сельское хозяйство» или «Промышленность» были снабжены ссылками, связывающими описания отдельных производств, технологических процессов, орудий труда и т. д. с самим трудом и со всеми общественными условиями производства, раздел «Техника» не получился бы такой аполитичный, такой чрезмерно абстрактно-технологический, как это, в сожалению, имеет место.

Отсутствие четкой системы в построении раздела техники, недооценка ряда важнейших сторон развития античной техники привели к нагромождению в один подраздел таких «близких» вопросов, как строительное дело, мелиорация, водоснабжение и «театр автоматов» Герона Александрийского (подраздел III. Строительное дело, водоснабжение, мелиорация, механизмы, стр. 140—164). Вопрос о механизмах в этом подразделе проиллюстрирован отрывками, в которых дано определение машины Витрувия, сказано о водоподъемных механических конструкциях по Витрувию и Диодору, приведены сведения из Витрувия о механизмах для подъема тяжестей и описаны таксометр Витрувия и «театр автоматов» Герона Александрийского в переводе Сидорова. И это все!

Обойдены молчанием замечательные работы таких выдающихся авторов, как Филон Византийский (см. труды Carra de Vaux, Rose, Kochly-Kustov) или, например, забыт совершенно один из важнейших по своему практическому применению механизм античности—часы, исключительное значение которых в общей истории техники раскрыл Маркс. «Часы,—писал Маркс,—являются первым автоматом, созданным для практических целей; на них развилась вся теория о производстве равномерных движений (Соч. Маркса и Энгельса, т. XXIII, стр. 131). Гномоны, клейпсидры и другие часы упоминаются у ряда античных авторов (Витрувий, Геродот, Плиний, Аристотель, Платон и десятки других авторов сообщают о часах). Богатые материалы об античных часах получены при раскопках. На основе этих источников создана обширнейшая специальная литература (см. работы Rayet, Bilfinger, Marquardt, Bassermann-Jordan, Diels и мн. др.). И тем не менее все это осталось вне внимания составителей.

Из всего нами сказанного не следует делать вывод, что мы упрекаем составителей в том, что сборник не охватил всех описаний механизмов, применявшихся в античности. Мы говорим лишь о том, что при подборе материала у составителей н е б ы л о ч е т-

[1]) Ведь сделаны же такие ссылки в других разделах сборника.

кой принципиальной схемы. Вот почему был игнорирован «первый автомат, созданный для практических целей»,—часы и получил много места материал сравнительно второстепенный. Заслуживает сожаления, что составители сборника, разрабатывая отдел античной техники, игнорировали известный перечень важнейших изобретений, опубликованный в «Диалектике природы» Энгельса: «К истории изобретений до Р. Х. Пожарная кишка, водяные часы около 200 г. до Р. Х. Мостовые (Рим), пергамент около 160 г.» (Соч. Маркса и Энгельса, т. XIV, стр. 441. См. также хрестоматию «К. Маркс и Ф. Энгельс об античности» под ред С. И. Ковалева. ГАИМК, 1932 г., стр. 219, где приведен этот же отрывок полностью).

Неиспользованное, например, указание Энгельса на водяные часы, имевшие в античном мире большое практическое значение, далеко не единственный факт, свидетельствующий, что составители не дали стройной картины техники античного мира.

В сборнике обойдены такие важнейшие разделы техники, как сухопутный транспорт и связь. А ведь прекрасные шоссе античного Рима, знаменитый «Cursus publicus» были характернейшей чертой технического развития этой эпохи. Точно так же следовало бы дать некоторое представление о технике связи, хотя бы даже за счет ряда других материалов. В небольшом отдельном параграфе можно было бы привести самые краткие отрывки об огненных телеграфах из Гомера (Илиада, 18, 211), Геродота (9,3), о водяном телеграфе Энея (Полибий, 10, 44), о факельном телеграфе Клеоксена и Демокрита, улучшенном самим Полибием (Полибий, 10, 45).

Точно так же такой механизм, как пожарный насос, о котором писал Герон (Schmidt, Heronis Druckwerke, т. I, стр. 131) и о котором только вскользь упоминается в 598 отрывке сборника (верен ли здесь термин «пожарный рукав»), казалось бы, заслуживает больше внимания, чем некоторые детали «театра автоматов».

Да и само использование перевода Сидорова о «театре автоматов» вызывает ряд недоумений. Указывая решительно везде главы, подразделы, параграфы источников, составители, цитируя отрывок из книги. Сидорова, указали почему-то только фамилию переводчика, не сославшись на самую его работу (А. И. Сидоров, «Очерки из истории техники», 1925 г.). Заняв этим переводом почти двадцать страниц, составители отбросили последнюю страничку, завершающую весь текст «театра автоматов» (механизм для удара молнии и исчезновение Аякса, см. Сидоров, стр. 45). Они выбросили из перевода А. И. Сидорова также много ценного, что дал в смысле технологического анализа переводчик, а если и оставлены в ряде мест текста комментарии Сидорова, то по большей части в таком виде, что они только искажают текст Герона. Из всех подстрочных комментариев осталось нетронутым только одно примечание, большинство же данных Сидоровым в тексте примечаний оставлено, но как Сидоров везде брал свои примечания в скобки и всегда ставил возле них авторские инициалы. Соблюдая основное условие такого труда, он обеспечил своей работе должное научное качество. Составители оставили эти примечания, разбросанные по тексту, но выбросили из скобок инициалы переводчика (за исключением первых двух страниц), а иногда и самые скобки. Словом, они превратили слова современного инженера в текст Герона (см., например, стр. 150, 151, 156, 158 и т. д. сборника и стр. 29, 31, 33, 35, 36 и т. д. в книге Сидорова). Через каждые несколько строк Герон, по воле составителей, говорит целые фразы языком современного инженера, выдвигая положения, основанные на современной кинематике и динамике механизмов.

Все это в значительной мере обесценило четвертую часть раздела «Техника» («театру автоматов» уделено 20 стр. из 80 стр. раздела «Техника»). И это в дополнение к тому, что, как указано, и весь пятый подраздел раздела «Техника» имеет также сомнительную ценность.

Не повезло «театру автоматов» Герона Александрийского также и в предисловии, данном к сборнику А. Г. Пригожиным. Автор этого предисловия сообщает следующее:

«Возьмем к примеру металлическое производство. Документом, свидетельствующем о степени развития этой отрасли производства, может служить «театр автоматов» Герона Александрийского... Степень «механического искусства», которым располагал «театр автоматов», недвусмысленно свидетельствовал о развитии промышленности, в частности металлургической (стр. 6).

Итак, по А. Г. Пригожину «театр автоматов» Герона является «документом, свидетельствующим о степени развития... металлического производства». Через несколько строк этот же «театр автоматов» по автору предисловия свидетельствует «о развитии промышленности,—в частности, металлургической».

Повидимому, автору предисловия неизвестно, что автоматы Герона были... деревянные.

Между тем в том самом сборнике, к которому дал предисловие А. Г. Пригожин, Герон сообщает: «Подвижные автоматы делаются из легкого сухого дерева» (стр. 146). Точно так же и для неподвижных или стоячих автоматов основной материал—дерево.

И только несколько кусочков металла нужно для того, чтобы изготовить все автоматы Герона: кусочки железа для некоторых втулок и металлических цапф осей, несколько свинцовых грузов, свинцовые шарики для грома да еще немножко бронзы или железа для алтаря, на котором сжигают деревянные стружки. Все 23 рисунка в рецензируемом сборнике, приложенные к «театру автоматов», достаточно ясно показывают, что основным материалом для описанных Героном автоматов было дерево.

Совершенно неотраженным осталось в сборнике развитие науки, развитие теоретических знаний, вызванных к жизни развитием именно античного способа производства. Забытой оказалась деятельность не только таких представителей прикладной механики, как Ктезибий, но и деятельность великих математиков, геометров, физиков, античности и т. д.

Соответствующим подбором отрывков из ряда античных авторов надо было показать, как на базе развития производства создавались соответствующие теоретические обобщения, как на базе развития производственного опыта создавались предпосылки для разрешения основных философских проблем.

В рецензируемом же сборнике вопросы взаимосвязи в развитии человеческой практики, техники и естественных наук не получили никакого освещения.

Крайне характерно, что, приведя перевод известного определения машины из первой главы десятой книги Вирувия, составители не аргументировали его хотя бы самым маленьким примечанием. Перевод этот дан в следующей редакции: «Машина есть деревянное, во всех своих частях связанное приспособление, имеющее огромные преимущества для передвижения» (стр. 142). У Витрувия же этот текст звучит так: «Machina est continens ex materia conjunctio maximas ad onerum motus habens virtuts» (кн. X, гл. 1).

В тексте Витрувия ясно сказано что машина предназначена «ad onerum motus», т. е. для передвижения тяжестей. Для составителей сборника слово «onerum» исчезло.

Выражение «continens ex materia conjunctio» переведено, как «деревянное, во всех своих частях связанное приспособление. Перевод в такой редакции надо было обосновать достаточной аргументацией того, что можно переводить «ex materia» исключительно как только «деревянное». Напомним здесь выступление по этому поводу основоположника кинематики механизмов Франца Рело, который говорит: «Diese «continens conjunctio ex materia» sieh so aus, wie eine «Zusammenhängende Verbidung von Stofflichem», also «von Körpern» Allein hier ist offenbar материа - Nutholz, Bauholz und so meint denn der alte Meister: «Ein Zusammenhängendes Holzgerüst, welches vorzügliche Eigenschaften zur Bewegung von Lasten». «Kas«zeuJ» war also bie Vitruv definatorisch gemeint, nicht denominatorisch, wi Zeising und viele Nachfolger es zu gerbauchen versuchten (F. Reuleaux, «Theoreoische Kinematik», Braunschweig 1875, стр. 594).

Ведь правильное использование данного Витрувием определения машины исключительно актуально и установлении уровня теоретических знаний, достигнутых античными техниками. Правильное истолкование того же термина «ex materia» имеет не только техническое, но и глубоко философское значение. В своем специальном исследовании по истории развития понятий о машине и механизме. Я. В. Столяров стоит на приведенной точке зрения Рело и считает, что это «ex materia» означает —«из вещества», без указания на самый материал. Тем самым, если принять эту точку зрения, определение Витрувия обнаруживает значительную глубину мысли античных техников в вопросах развития теоретического анализа механизмов (Я. Столяров, «Опыт рациональной классификации механизмов», 1917 г., стр. 5—6).

Если стать на точку зрения Рело и Столярова, то приходится признать, что уровень философско-технических взглядов Витрувия значительно выше того же Цейзинга, трактат которого опубликован в начале XVII в. (Zeising, «Theatrum machinarum», 1607). Столяров указывает, что у Цейзинга «даже старое определение Витрувия значительно сужено, ибо состав машины почему-то ограничивается только комбинацией деревянных частей» (Столяров,6). Ставши на противоположную точку зрения, составителям надо было ее аргументировать самым кратким подстрочным примечанием. Кстати нельзя забывать и того, что в описаниях механизмов у самого Витрувия есть и металлические части, как об этом говорит сам сборник.

Недостатки сборника далеко не ограничиваются изложенным. Нередко можно обнаружить совершенную техническую безграмотность. Ярким примером может быть отрывок № 248 (стр. 137) о водяной мельнице. Составители подали его так, что даже нет необходимости дискуссировать о действительном содержании этого места у Витрувия и сличать текст в интерпретации различных переводчиков. Достаточно посмотреть на то, что представляет этот отрывок, так как, он дан в сборнике.

«В реках устраиваются водоподъемные колеса. На внешней стороне их укрепляются лопатки, которые при их движении вперед заставляют колеса вращаться напором воды. Так же точно приводятся во вращательное движение и водяные мельницы. У них устройство такое же, за исключением лишь того, что на одном конце вала имеется зубчатое колесо, поставленное перпендикулярно и вращающееся равномерно с лопаточным колесом в одном и том же направлении. В это (?!— *В. Д.*) зубчатое колесо помещается в горизонтальном положении другое зубчатое колесо меньшего размера (примечание составителей): имеющийся в рукописях Витрувия пропуск предлагают заполнять так: оно находится в вале (еще лучше! — *В. Д.*), имеющем на верхней оконечности (ну и термины!— *В. Д.*) железный двойной ласточкин хвост, вделанный в жернов). Зубцы колеса (Какого?!— *В. Д.*), прилаженные к колесу с лопатками, двигаются вперед вследствие того, что они, зацепляясь за зубцы горизонтального колеса, толкают его и заставляют жернова вращаться. Висящий над этим механизмом жернова воронкообразный ящик все время подает жерновам зерно, которое и мелется при вращении механизма» (Витрувий, «Об архитектуре», X, 5) (сборник, стр. 137. Разрядка моя *В. Д.*).

Поставим себя в положение читателя, который захотел бы произвести реконструкцию мельницы на основании описания Витрувия в этом переводе. Из приведенного текста следует, что для решения этой задачи пришлось бы прежде всего д о л б и т ь мельничный вал и неизвестно зачем помещать в него мельничное колесо. Ведь так и сказано о зубчатом колесе: «оно находится в в а л е» (стр. 137), а в действительности, конечно, зубчатое колесо должно быть только на в а л у.

Совершенно неправилен перевод, сделанный в следующей редакции (стр. 137): «Зубцы колеса, прилаженные к колесу с лопатками, двигаются вперед вследствие того, что они, зацепляясь за зубцы горизонтального колеса, толкают и заставляют жернова вращаться».

Здесь налицо по крайней мере три грубых ошибки.

Во-первых, что это за «зубцы колеса, прилаженные к колесу с лопатками». Как сказано в начале отрывка, «колесо с лопатками» — это колесо, приводимое в движение водой. Как же «прилажены» к нему в данном случае зубцы какого-то колеса. Переводчик, не понял, что здесь может итти речь единственно о том, что зубцы зубчатого колеса, сидящего на общем валу с гидравлическим колесом, сцепляются с зубцами горизонтального колеса, сидящего на общем валу с жерновом. Гидравлическое же колесо — колесо с лопатками — ни с какими зубцами не входит в сцепление.

Во-вторых, перевод дан так, что, с одной стороны, получается, что какое-то гроизонтальное колесо вращает «зубцы колеса, прилаженные к колесу с лопатками», т. е. вращает и само гидравлическое колесо, с другой стороны, вторая часть фразы говорит о противоположном.

В-третьих, в переводе сказано, что колесо заставляет «жернова вращаться». В действительности же не жернова вращаются, а вращается только верхний жернов, который мы привыкли называть бегуном (нижний жернов в это время неподвижен).

Разбор этого небольшого отрывка № 248 (в этом отрывке сборника ровно 15 строчек отнял у нас много больше места, чем он сам занинимает в книге.

Техническая безграмотность в рецензируемом сборнике, к сожалению, не является эпизодом. Вот, например, отрывок № 262 под заголовком:«Механизмы для подъема тяжестеї» Это отрывок из Витрувия, описывающий так называемый «trispastos» (Витрувий, кн. X, 2, 1—3). Неверен здесь и самый заголовок, так как в приведенном отрывке описан всего лишь один механизм, а не механизмы (у Витрувия есть действительно еще ряд механизмов, как например, pentaspastos и другие, не затронутые составителями). Так и надо было, конечно ограничить отрывок, озаглавив его: «Механизм для подъема тяжестей». После упоминания о том, что станину в этой конструции составляют два бруса (лучше было бы сказать: две стойки или укосины), соединенные вверху и расходящиеся внизу, дан следующий перевод: «К верху брусьев, который прикреплен и удерживается с двух сторон канатами, привязывают составной блок... о двух подъемниках (?), вертящихся на своих осях. Канат, за который надлежит тянуть, продевается через (?) верхний подъемник верхнего блока в другой, вставленный в нижнем составном блоке, откуда его следует провести в нижний подъемник верхнего блока, а оттуда, опустив вниз конец его, привязать к ушку или кольцу, сделанному на нижнем блоке. Другой конец каната опускается вниз к тому месту, где вкопаны наискось, поодаль один от другого, четырехугольные толстые колья. К ним прикрепляются гнезда в том месте,куда входят оба конца ворота так,что они свободно могут в них держаться. У ворота делаются с обеих сторон по две дыры, куда вставляются рычаги. К нижней части блока привязывают железные клещи, концы которых входят плотно в эти дыры специально для того выдолбленные в камне. И тогда конец каната привязан к вороту и ворот приводится в движение рычагами, канат натягивается в силу вращательного движения, навиваясь на ворот, и поднимает вверх тяжести» (стр. 144).

Этот отрывок из Витрувия должен дать описание подъемного механизма или подъемника («Подъемниками называются такие подъемные приспособления, которые поднимают груз наклонно или вертикально в одном определенном направлении». H. Aumund Т. Э. т. XVII, стр. 109). Подъемник состоит из двух укосин, укрепленных канатами, полиспаста и ворота. В сборнике полиспаст дан, как «составной блок о двух подъемниках (?), вертящихся на своих осях». То, что по терминологии составителей названо «подъемниками», в действительности всего лишь основные детали полиспаста, представляющие круги с желобом на наружном ободе, по которому могут двигаться веревка, цепь, ремень и т. д. Конструктивное оформление этих деталей, получивших неправильное название «подъемники», осталось непонятным для составителей. Это видно из того, что они, не задумываясь, продевают канат «через верхний подъемник верхнего блока». Неужели по мнению составителейв этом «подъемнике» есть какое-то отверстие, через которое можно продевать канат? Ведь в действительности канат всего лишь огибает колесо блока. Второй конец каната составители уводят куда-то к четырехугольным кольям. К этим кольям «прикрепляются гнезда в том месте, куда входят оба конца ворота». Мы до сих пор думали, что сами гнезда и есть место, куда входят цапфа ворота, а здесь оказывается их зачем-то прикрепляют к местам, куда уже «входят оба конца ворота». Если уж есть «эти места», тогда зачем же еще гнезда? Концы железных клещей (неудачный термин) входят, оказывается, в какие-то «эти дыры». Почему «эти», а не «те», и вообще где «эти» и где «те» дыры — не поймешь. Канат, уведенный сперва к четырехугольными толстым кольям», оказывается только в конце (так, как и должно было быть привязанных к вороту. Примером беспомощности составителей в вопросах техники может служить также перевод отрывка из естественной истории Плиния № 246 на стр. 136: «Боль-

шая часть Италии пользуется простою молотьбою, но также и колесами, вращаемыми при помощи воды, а иногда и жерновом». Начали говорить о молотьбе, а кончили о помоле. Кроме того разве «колеса, вращаемые при помощи воды», обходятся без жерновов и только иногда применяется жернов? Путаница полнейшая, от которой пострадал в первую очередь Плиний, превращенный поневоле в автора этакой несуразности.

На стр. 132 отрывок № 241 о добыче золота переведен так, что трудно понять, идет ли в нем речь о добыче рассыпанного золота или жильного. Говорится о жиле, а затем оказывается, что, найдя ее, начинают промывать песок, т. е., очевидно, вначале должна была итти речь не о жиле, а о россыпи.

Отсутствие самых кратких подстрочных примечаний значительно обесценивает ряд отрывков. Например, на стр. 287 дан отрывок из Фукидида под заглавием «Скорость судов», где сравнивается скорость парусного судна и пешехода между Абдером и Истрой и не дано расстояние между этими пунктами по водному и сухому пути. Сравнение, данное без этих расстояний, ничего не говорит, так как пешеходу, быть может, надо пройти по суше вдесятеро больше, чем парусному судну.

В некоторых разделах отрывки не соответствуют заголовкам; так, на стр. 139 под маркой кожевенного производства идет изготовление лука Пандара из рога. Неосновательно оторваны в подразделе «Сельское хозяйство» орудия производства от самих технологических процессов. На стр. 120 дан отрывок под заголовком «Жатва», а на стр. 126, после материалов по виноделию, овцеводству, рыбоводству дан параграф «Римская жнейка» (почему «римская», а не галльская? Ведь именно о Гаилии говорится в отрывках, приведенных из Плиния и Палладия).

Целый ряд промахов допущен авторами потому, что они не критически, без всяких коррективов использовали перевод таких поэтов, как Жуковский, Гнедич и др., несомненно, интересовавшихся в процессе своего поэтического творчества больше правильностью гекзаметра, чем правильностью самого существа технических описаний. Но если это было понятно в устах поэтов, позволяющих себе многие licentia poetica, то разве это допустимо, когда идет речь о самом существе технических описаний?

В переводе встречается очень много неудачных терминов, часто искажающих смысл. У рабочего вала оказывается «оконечность» (стр. 137). На стр. 173 дан отрывок под заглавием «Подведение мины под башню», хотя здесь говорится совершенно ясно об устройстве на поверхности земли крытой галлереи до неприятельской башни и о том, что «воины ломали и разрушали основание неприятельской башни». На стр. 379 встречаем непонятный термин «дугообразное сооружение» и т. д.

Составители сборника не поняли, что история техники — одна из наиболее сложных исторических дисциплин. Не овладев ею, они пустились в неудачное плавание среди обширного материала, жестко расплатившись за свое игнорирование истории техники как науки.

Система развития античной техники оказалась непонятной составителями. Классовый характер техники, выросшей на базисе развития рабовладельческого способа производства, не нашел никакого отражения в разделе «Техника». Техника предстала совершенно оторванной от самого способа производства. Составители не смогли подняться в этом разделе выше уровня техницизма, да еще вдобавок недостаточно грамотного.

Теоретический базис, развитие науки обойдены полным молчанием. Ряд важнейших сторон античной техники оказался совершенно незатронутым, забытым, при наличии очень многих второстепенных материалов. Пример перевода «театра автоматов» показывает, что составители не сумели обеспечить даже элементарные условия научного перевода.

В. ДАНИЛЕВСКИЙ

Красно-Пресненский библиотечный передвижной фонд Общеплома Союза Машиностроения
5530

СОДЕРЖАНИЕ ВТОРОГО ВЫПУСКА

ОБЩЕТЕОРЕТИЧЕСКИЙ ОТДЕЛ

Ленин и техника 3
Б. Кузнецов—Исторические корни работ Фарадея 22

ИТОГИ И ПЕРСПЕКТИВЫ ТЕХНИЧЕСКОЙ РЕКОНСТРУКЦИИ В СССР

И. Миттельман—Материалы к истории теплотехники и теплоэнергетики СССР в первую пятилетку 57

ТЕХНИКА ДОКАПИТАЛИСТИЧЕСКОГО И КАПИТАЛИСТИЧЕСКОГО ОБЩЕСТВА

Ю. Милонов—Строительная техника рабовладельческого общества 88
Э. Кореневский—Из истории инструмента 100

ТЕХНИКА КАПИТАЛИЗМА В ЭПОХУ ВСЕОБЩЕГО КРИЗИСА

С. Штерлинг—Электросварочная техника США в период кризиса 137

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНИЧЕСКИЕ ПРОБЛЕМЫ В ИСТОРИЧЕСКОМ ОСВЕЩЕНИИ

Н. Москвитин—Проблема электроотбойного молотка 161

ЮБИЛЕИ

А. Молотов—Исторические корни периодической системы Менделеева (к 100-летию со дня рождения Менделеева) 183

ХРОНИКА

Выставка «Наши достижения» 196
Разработка проблем истории техники на Западе—«Мюнхенский технический музей» 206
Историко-технический фотоанализ (новый портрет В. И. Ленина) 215

БИБЛИОГРАФИЯ

Ш. Гуревич—Против упрощенчества 217
Н. Грацианский—Теодор Бек, История машиностроения 221
В. Данилевский—Античный способ производства в источниках 225

КОМИССИЯ ПО МАРКСИСТСКОЙ ИСТОРИИ ТЕХНИКИ ПРИ КВТО ЦИК СССР

„ИСТОРИЯ ТЕХНИКИ"

(Сборники)

Под редакцией Александрова А. Я., [illegible], Гуревича Ш. И. (отв. секр.) Зворыкина А. А., (зам. отв. редактора) Кольмана Э., Кржижановского Г. М., (отв. редактор). Рубинштейна М. И., Сорокина М. Л.

„СБОРНИК" освещает и разрабатывает учение марксизма о технике, борясь с механистическими и идеалистическими извращениями этого учения, а также с буржуазными теориями технического процесса.

„СБОРНИК" освещает и разрабатывает историю технической реконструкции народного хозяйства СССР и перспективы этой реконструкции.

„СБОРНИК" освещает и разрабатывает историю техники предшествующих капитализму формаций, историю техники капитализма и особенно технику эпохи империализма и всеобщего кризиса капитализма.

„СБОРНИК" освещает и разрабатывает важнейшие из современных технических проблем в историческом разрезе.

„СБОРНИК" дает систематически хронику о юбилеях технических изобретений, о технических выставках и музеях, о работе научных историко-технических учреждений в СССР и за границей.

„СБОРНИК" дает библиографию по философии и истории техники и по теоретическим работам, связанным с разработкой вопросов технической реконструкции в СССР и с преподаванием марксистской истории техники.

Цена 5 р. 25 к.
переплет 1 руб.

2010515890